

DISEÑO DE UN MOLDE DE INYECCION DE PLASTICO-POLIPROPILENO
PARA LA FABRICACION DE UN COMEDERO PARA PERROS

DANIEL FELIPE MARTINEZ ESCOBAR

FUNDACION UNIVERSIDAD DE AMERICA
FACULTAD DE INGENIERIAS
PROGRAMA DE INGENIERIA MECANICA
BOGOTA
2.017


DISEÑO DE UN MOLDE DE INYECCION DE PLASTICO-POLIPROPILENO
PARA LA FABRICACION DE UN COMEDERO PARA PERROS

DANIEL FELIPE MARTINEZ ESCOBAR

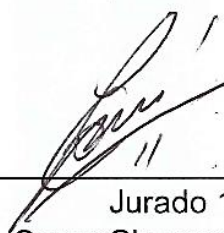
Proyecto integral de grado para optar al título de
INGENIERO MECANICO

FUNDACION UNIVERSIDAD DE AMERICA
FACULTAD DE INGENIERIAS
PROGRAMA DE INGENIERIA MECANICA
BOGOTA
2.017


Nota de aceptación:



Presidente del Jurado
Ing. Álvaro Romero Suarez



Jurado 1
Ing. Oscar Chamarravi Guerra



Jurado 2
Ing. Edwin Rivera Casadiego

Bogotá, Septiembre de 2017

DIRECTIVOS DE LA UNIVERSIDAD DE AMERICA

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

Dr. Jaime Posada Díaz

Vicerrector de Desarrollo y Recursos Humanos

Dr. Luis Jaime Posada García- Peña

Vicerrectoría Académica y de Posgrados

Dra. Ana Josefa Herrera Vargas

Secretario General

Dr. Juan Carlos Posada García-Peña

Decano Facultad de Ingenierías

Ing. Julio Cesar Fuentes Arismendi

Director Programa Ingeniería Mecánica

Ing. Carlos Mauricio Veloza Villamil

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables de los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores.

Este trabajo de grado está dedicado a mis padres, a mis hermanos y familia que me apoyaron en todo el transcurso de mi vida y de mi carrera universitaria, sin su formación esto no hubiera sido posible, también agradezco la empresa INSOIN SAS por permitirme trabajar conjuntamente con ellos para realizar este proyecto.

Agradezco a la Universidad América por haberme formado académicamente, a mis docentes que durante todo mi transcurso en la Universidad me compartieron sus conocimientos que hoy me forman como ingeniero, a mi orientador el Ing. Álvaro Romero Suarez quien me guio para realizar mi trabajo de grado de una manera correcta.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCION	18
1. LA EMPRESA	20
1.1 MISION	20
1.2 VISION	20
1.3 LINEA DE PLASTICOS	20
1.4 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL	24
1.5 LINEAS DE PRODUCCION	24
2. MOLDEO POR INYECCION	25
2.1 PROCESADO DE PLASTICO	25
2.2 MAQUINAS INYECTORAS	27
2.3 UNIDAD DE INYECCIÓN	28
2.3.1 Barril	28
2.3.2 Bandas Calefactoras	29
2.3.3 Tornillo	29
2.3.4 Válvula antirretorno	29
2.3.5 Sistemas de potencia para la unidad de Inyección	29
2.3.6 Sistema de potencia hidráulico	29
2.4 UNIDAD DE CIERRE	29
2.4.1 Platina estacionaria frontal	30
2.4.2 Platina móvil	30
2.4.3 Platina estacionaria trasera	30
2.5 EL MOLDE Y SUS PARTES	30
2.5.1 Placas de apoyo	31
2.5.2 Canales de enfriamiento	31
2.5.3 Pernos de expulsión	31
2.5.4 Pernos guía	32
2.5.5 Anillo de localización	32
2.5.6 Bebedero	32
2.5.7 Orificio para la inyección del material	32
3. CONCEPTUALIZACION Y PARAMETRIZACION	34
3.1 CONCEPTUALIZACION	34
3.1.1 Máquina inyectora de plástico	34
3.1.2 Materia prima	¡Error! Marcador no definido.34
3.1.3 Molde de inyección	34
3.1.4 Medio refrigerante	¡Error! Marcador no definido.34

3.2 PARAMETROS DE DISEÑO	35
3.2.1 Producto a fabricar	35
3.2.2 Capacidad de la máquina inyectora	36
4. PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS	37
4.1 DEFINICION CRITERIOS DE INGENIERIA	37
4.2 PLANTEAMIENTO DE LAS ALTERNATIVAS DE DISEÑO PARA EL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	37
4.2.1 Alternativa 1	¡Error! Marcador no definido.38
4.2.2 Alternativa 2	¡Error! Marcador no definido.38
4.2.3 Alternativa 3	¡Error! Marcador no definido.39
4.3 EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS	40
4.3.1 Conceptualización de la alternativa	41
5. DISEÑO DEL MOLDE	42
5.1 METODOLOGÍA	42
5.2 FORMA DE LA PIEZA	43
5.3 CANTIDAD DE PIEZAS A PRODUCIR	44
5.4 SISTEMA DE MOLDEO	45
5.5 PROPIEDADES DE LA MÁQUINA DE INYECCIÓN	46
5.6 NÚMERO DE CAVIDADES	47
5.7 SELECCIÓN DE MATERIALES PARA MOLDES	47
5.8 SISTEMA DE ALIMENTACIÓN	48
5.8.1 Localización del punto de inyección	48
5.8.2 Bebedero	48
5.8.3 Tipo de Canal de alimentación	49
5.8.4 Diseño de la sección transversal del canal de alimentación	49
5.9 SISTEMA DE EXPULSIÓN	50
5.10 SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	51
5.11 SALIDA DE GASES	55
5.12 TIEMPOS DE CICLO	56
5.12.1 Tiempo mínimo de enfriamiento de moldes	57
5.12.2 Tiempo de inyección	58
5.12.3 Tiempo de plastificación	59
5.12.4 Tiempo de vacío	59
5.12.5 Tiempo total de ciclo	59
5.13 CÁLCULOS DE INYECCIÓN	60
5.13.1 Fuerza de cierre	60
5.13.2 Capacidad de plastificación	60
5.14 SELECCIÓN DE ELEMENTOS	61
5.14.1 Anillo centrador	61

5.14.2 Boquilla	62
5.14.3 Bujes	63
5.14.4 Placa superior	64
5.14.5 Placa porta cavidades	64
5.14.6 Placa porta machos	64
5.14.7 Placa inferior	65
5.14.8 Placa expulsora	65
5.14.9 Macho comedero doble	66
5.14.10 Cavidad comedero doble	66
5.14.11 Paralelas	67
5.14.12 Racores	67
5.14.13 Tacos de apoyo	68
5.14.14 Tope de carrera	68
5.14.15 Tuerca retro expulsión	69
5.14.16 Tornillería	69
 6. SIMULACION	 72
6.1 TIEMPO DE LLENADO	72
6.3 CALIDAD DE LA PIEZA	74
6.4 CONFIANZA DE LLENADO	75
6.5 GASES ATRAPADOS	75
6.6 LINEAS DE SOLDADURA	76
 7. MANUALES	 79
7.1 FICHA TÉCNICA DEL MOLDE	79
7.2 MANUAL DE ENSAMBLE	82
7.2.1 Ensamble parte fija	82
7.2.2 Ensamble placa expulsora	83
7.2.3 Ensamble parte móvil	84
7.3 MANUAL DE OPERACIÓN	85
 8. EVALUACION FINANCIERA	 86
8.1 VIDA UTIL DEL MOLDE	86
8.2 MOLDE FABRICADO EN CHINA	86
8.3 MOLDE FABRICADO EN COLOMBIA	87
8.4 COSTO TOTAL DEL PROYECTO	89
 9. CONCLUSIONES	 92
 10. RECOMENDACIONES	 93

BIBLIOGRAFÍA	94
ANEXOS	96

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Propiedades polímeros	31
Tabla 2. Especificaciones técnicas	36
Tabla 3. Propiedades físicas del comedero	44
Tabla 4. Propiedades de la inyectora	46
Tabla 5. Materiales del molde	47

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Organigrama de la empresa	24
Figura 2. Molde de inyección	27
Figura 3. Partes de la maquina inyectora	28
Figura 4. Unidad de inyección	29
Figura 5. Unidad de cierre	30
Figura 6. Partes del molde	31
Figura 7. Tipo de compuertas	33
Figura 8. Comedero doble	35
Figura 9. Circuito en paralelo	38
Figura 10. Circuito en serie	39
Figura 11. Circuito en baffles	39
Figura 12. 3D comedero doble	43
Figura 13. Entrada puntiforme o capilar	45
Figura 14. Diámetro nominal del bebedero	48
Figura 15. Acotado del bebedero y canales de alimentación	49
Figura 16. Sistema de expulsores	50
Figura 17. Perno expulsor	51
Figura 18. Retenedor	51
Figura 19. Canales de enfriamiento cavidad	54
Figura 20. Canales de enfriamiento macho	55
Figura 21. Canales de desgasificación	56
Figura 22. Porta moldes	61
Figura 23. Anillo centrador	62
Figura 24. Boquilla	62
Figura 25. Buje corto de columna	63
Figura 26. Buje guía placa superior	63
Figura 27. Placa superior	64
Figura 28. Placa porta cavidades	64
Figura 29. Placa porta machos	64
Figura 30. Placa inferior	65
Figura 31. Placa expulsora	65
Figura 32. Macho	66
Figura 33. Cavidad	66
Figura 34. Paralelas	67
Figura 35. Racor	67
Figura 36. Extensión de racor	68
Figura 37. Tacos de apoyo	68
Figura 38. Tope de carrera	69
Figura 39. Tuerca de retro expulsión	69
Figura 40. Tornillos	71
Figura 41. Parámetros básicos	72

Figura 42. Tiempo de llenado	73
Figura 43. Presión de inyección	74
Figura 44. Calidad de la pieza	74
Figura 45. Confianza de llenado	75
Figura 46. Gases atrapados	76
Figura 47. Líneas de unión	77
Figura 48. Líneas de unión	78
Figura 49. Líneas de unión	78
Figura 50. Molde de inyección de comedero para perros	79
Figura 51. Dimensiones generales del molde	80
Figura 52. Dimensiones generales del molde	80
Figura 53. Canales de enfriamiento cavidad	81
Figura 54. Canales de enfriamiento macho	81
Figura 55. Ensamble parte fija	82
Figura 56. Ensamble parte expulsora	83
Figura 57. Ensamble parte móvil	84
Figura 58. Cotización de molde hecho en china	87
Figura 59. Cotización de molde hecho en Colombia	89
Figura 60. Presupuesto	90

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Polímeros	35
Cuadro 2. Asignación de peso de los criterios	40
Cuadro 3. Grado de satisfacción	40
Cuadro 4. Score	41
Cuadro 5. Propiedades térmicas	53
Cuadro 6. Valores de diámetros para los canales de enfriamiento	53
Cuadro 7. Dimensiones de las salidas de gases	56
Cuadro 8. Características del molde	57
Cuadro 9. Esfuerzos admisibles tornillería	70

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Propiedades del Acero AISI 1020	97
Anexo B. Propiedades del Acero SAE 4140	99
Anexo C. Cotización molde chino	101
Anexo D. Cotización molde hecho en Colombia	103
Anexo E. Propiedades Polipropileno	105
Anexo F. Catálogo de tornillos	108
Anexo G. Aceros para molde	110
Anexo H. Planos	112

RESUMEN

Para llevar a cabo el desarrollo del molde, primero se realizó una revisión detallada de cómo estaba la situación actual en el proceso de inyección en ese momento, para así partir de una base, luego se continuó con el desarrollo del proyecto en el que se tuvieron en cuenta los requerimientos del cliente con base a un prototipo de un comedero presentado.

Posteriormente se realizó el planteamiento de las posibles alternativas de diseño en el circuito que se implementaría para el sistema de enfriamiento del molde, se prosiguió con la evaluación y con la selección de una de estas alternativas.

Se procedió a realizar todo el diseño detallado siguiendo la metodología propuesta paso a paso por el libro de Moldes y máquinas de inyección para la transformación de Termoplásticos y se realizaron cálculos apoyados en ecuaciones tomadas del libro Proceso de moldeo por inyección de plástico.

El diseño se llevó a cabo por medio de softwares especializados como Inventor en el que se desarrollaron los planos y el despiece de todo el molde,

Luego se sometió éste a un análisis de elementos finitos por medio del programa Mold Flow adviser en el que se obtuvieron datos que sirvieron como soporte para corroborar que los subsistemas del molde que se diseñaron y se escogieron estaban cumpliendo satisfactoriamente tanto en llenado como en la calidad del producto.

Por último se realizaron los manuales para el montaje y desmontaje del molde y mantenimiento de este, también se realizó una evaluación financiera para conocer la viabilidad del proyecto.

Palabras Clave: Diseño, molde de inyección, polipropileno, comedero, perros.

INTRODUCCION

Es de notar la *importancia* de la fabricación de moldes de plástico en los procesos de inyección, ya que su utilización en este proceso permite altos volúmenes de producción con una excelente calidad a bajo costo, es por esto que la empresa INOSIN en busca de un mejoramiento continuo en su funcionamiento interno decidió emplear la fabricación de nuevos moldes lo cual *origina* la realización de este trabajo de grado el cual tiene como *objetivo* general “Diseñar un molde de inyección de plástico-polipropileno para la fabricación de un comedero para perros” y una serie de objetivos específicos que son;

- ✓ Diagnosticar la situación actual de los procesos de inyección de plástico
- ✓ Establecer los parámetros básicos y requerimientos funcionales
- ✓ Establecer y seleccionar alternativas de diseño para el sistema de enfriamiento
- ✓ Desarrollar el diseño detallado del molde
- ✓ Realizar un análisis del molde por el método de elementos finitos
- ✓ Elaborar planos de fabricación y ensamble del molde
- ✓ Realizar manuales de operación y ensamble
- ✓ Realizar la evaluación financiera del proyecto

El *limitante* del proyecto consiste en el diseño de un molde de inyección de plástico, para la fabricación de un comedero para perros. Además, es importante resaltar el *alcance* del proyecto ya que se desarrollará únicamente el diseño y la simulación por el método de elementos finitos, y no se llega a la construcción del molde, la empresa INSOIN SAS es quien toma la decisión de llevar a la realidad la fabricación del molde de inyección.

Con base a los objetivos propuestos se llevó a cabo una *metodología* en la que desarrollaron paso a paso cada uno de ellos, donde se tuvieron en cuenta los datos y especificaciones técnicas dadas por la empresa, catálogos para la selección de materiales, libros de diseño y de moldes para realizar todos los cálculos y planos.

El *significado* del proyecto se fundamenta en la idea de aumentar la productividad de la empresa, aprovechando al máximo su capacidad de planta instalada, expandir el mercado ofreciendo un producto innovador.

La *aplicación* en el área de trabajo es para todas las industrias que trabajen en el sector metalmecánico y de plásticos, a pequeño o a gran escala.

1. LA EMPRESA

“INSOIN S.A.S nace en el año 2005, en sus inicios como entidad comercial hacia el año 1995 se conocía como Mecánizados América y después de más de 10 años de experiencia vio la necesidad de proyectar su imagen y la parte técnica; lo que lo llevó al mejoramiento de la calidad, el servicio, el desarrollo y la innovación de sus productos.

Esa experiencia trajo consigo el mejoramiento continuo para ofrecer mejores resultados a sus clientes del sector industrial, agro-industrial y público en los temas de diseño, fabricación, reparaciones y montajes en todo lo que demanda el sector metalmecánico

Cuenta con un gran equipo humano direccionado hacia la calidad y el servicio para sus clientes; además de contar con una planta de 700 m². Y el equipo tecnológico como son tornos, fresadoras, CNC y equipos de soldadura Mig, Tig y revestida; para garantizar la completa y perfecta ejecución de cada proyecto.

En el año 2014 INSOIN SAS, incursiona en la industria de inyección de plásticos, y crea su Marca "PLACET ME GUSTA", fabricando productos para el hogar, y la industria, logrando posicionar la marca en tan solo dos años a nivel nacional, por su innovación calidad y sentido de mejoramiento continuo.”¹

1.1 MISION

“Es una empresa innovadora en la fabricación, comercialización y distribución de artículos plásticos para el hogar y la industria. Comprometida con su capital humano y el cumplimiento total a sus clientes, respetando siempre del medio ambiente y con sentido social.”

1.2 VISION

“Ser una empresa competitiva, rentable y líder en la industria del plástico, reconocida por ofrecer productos innovadores y de calidad en el mercado nacional e internacional.”²

1.3 LINEA DE PLASTICOS

INSOIN presta el servicio de inyección para sus productos de hasta 2.272g, con maquinaria de última tecnología. Sus clientes cuentan con el control total del

¹ Historia. Nosotros. PLACET. INSOIN SAS. {en línea}. {10 de enero de 2017}. Disponible en : <http://www.insoin.com.co/placet/nosotros>

² Misión. Visión. Nosotros. PLACET. INSOIN SAS {en línea}. {10 de enero de 2017} Disponible en: <http://www.insoin.com.co/placet/nosotros>

proceso de producción y crean sus productos personalizados en el color y material que lo necesite. A continuación se podrá evidenciar un flujograma en el que se lleva a cabo un paso a paso del proceso de inyección que realiza la empresa.

Diagrama 1. Flujograma de procesos

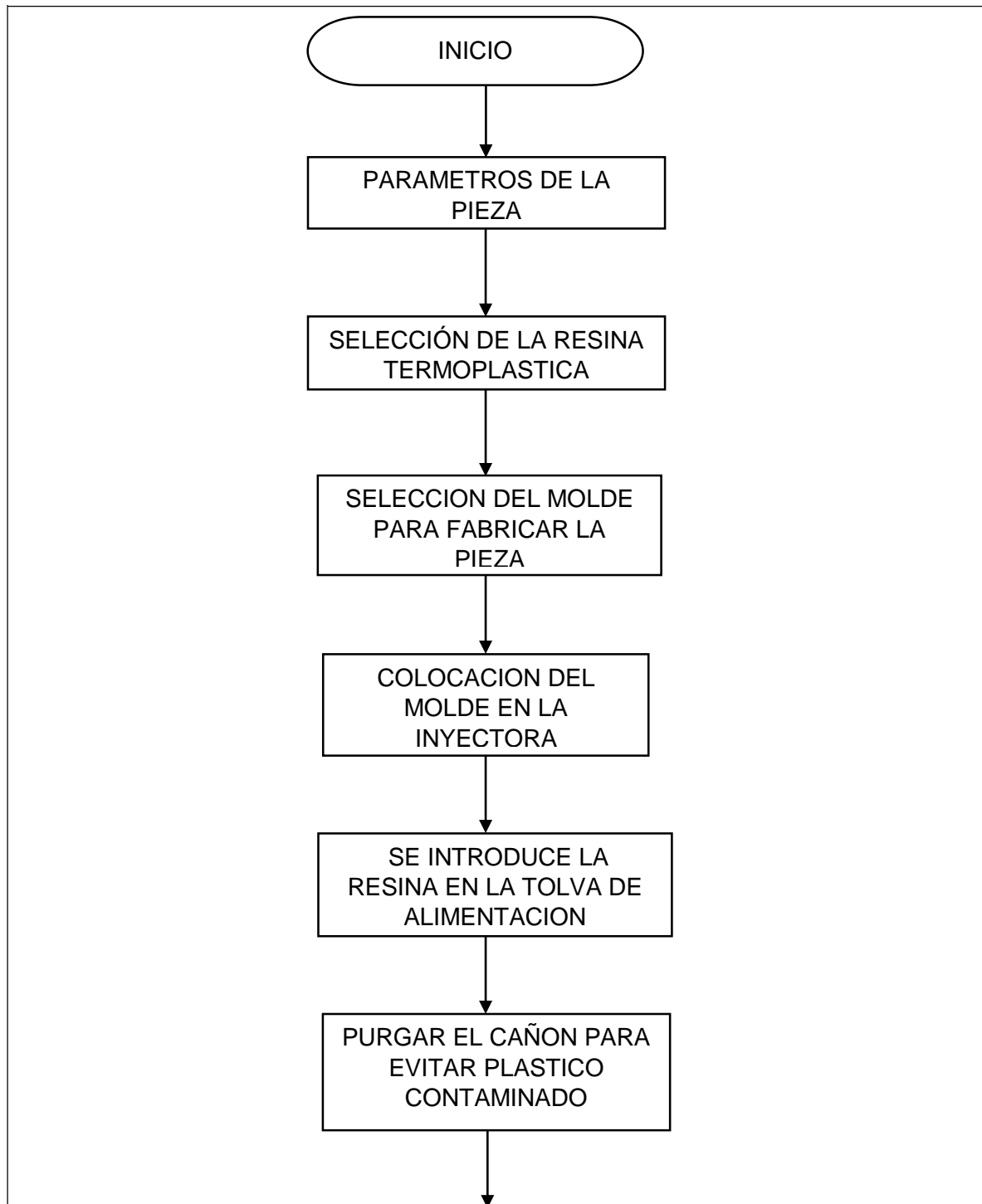


Diagrama 1. (Continuación)

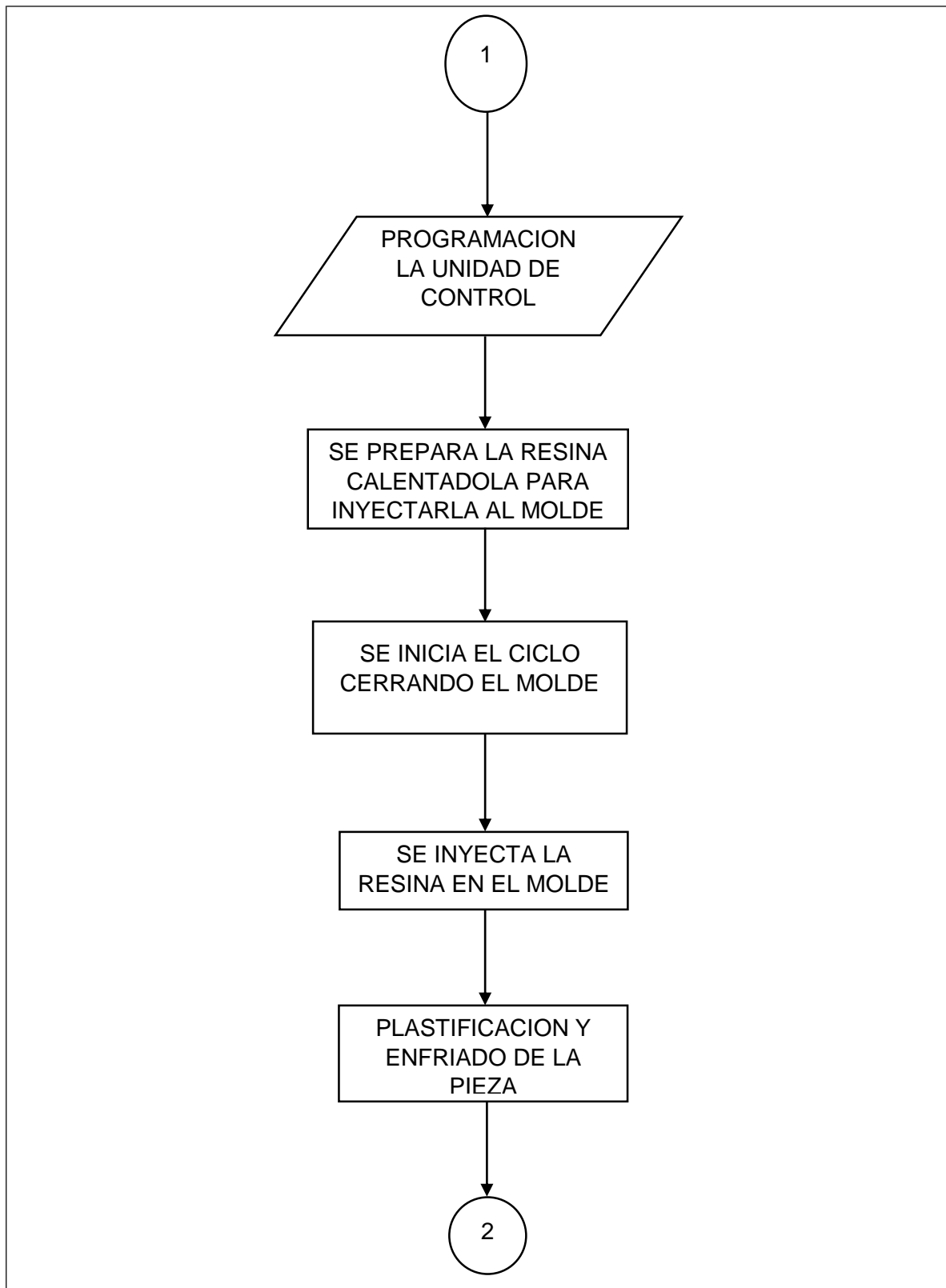
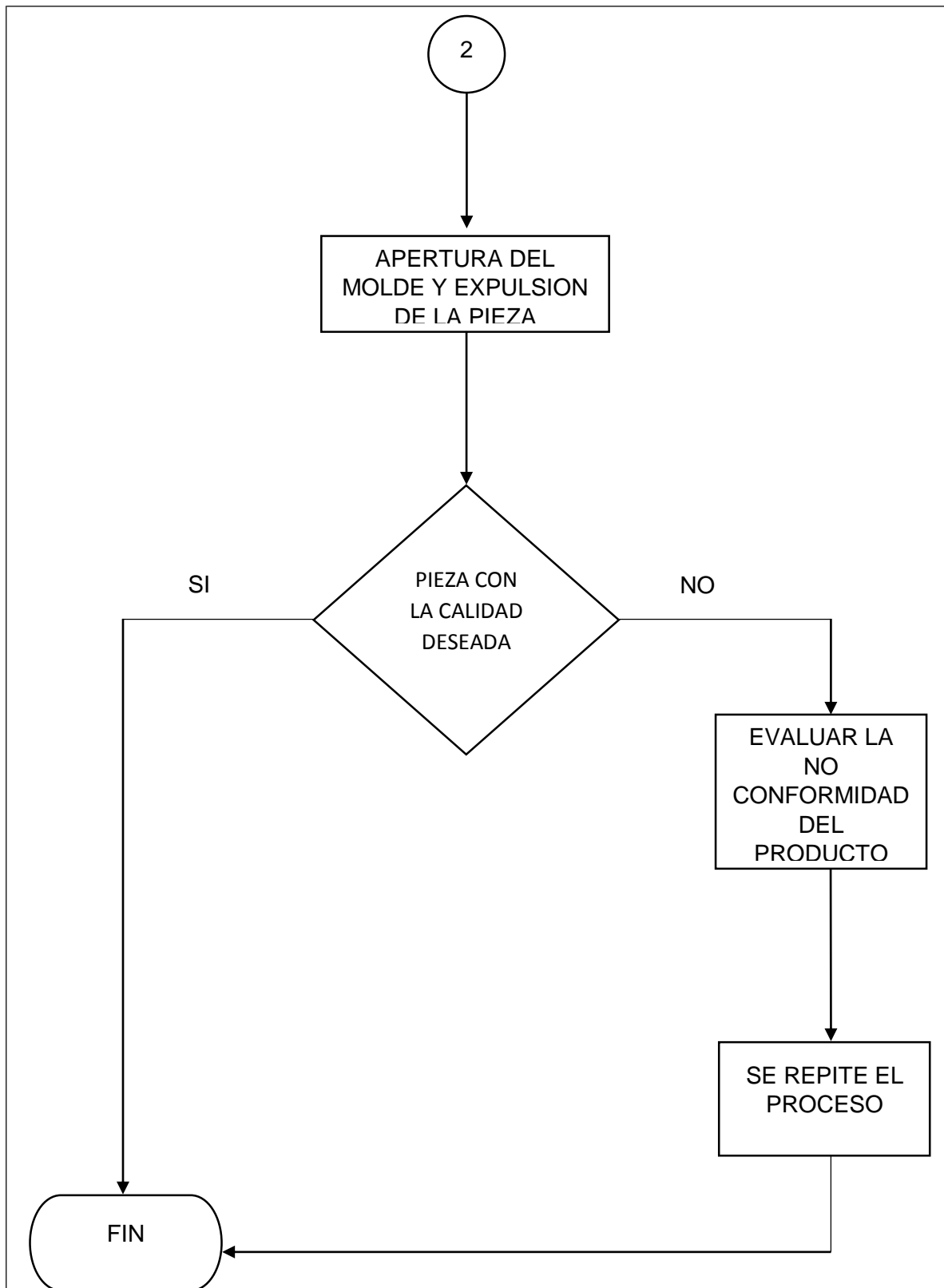
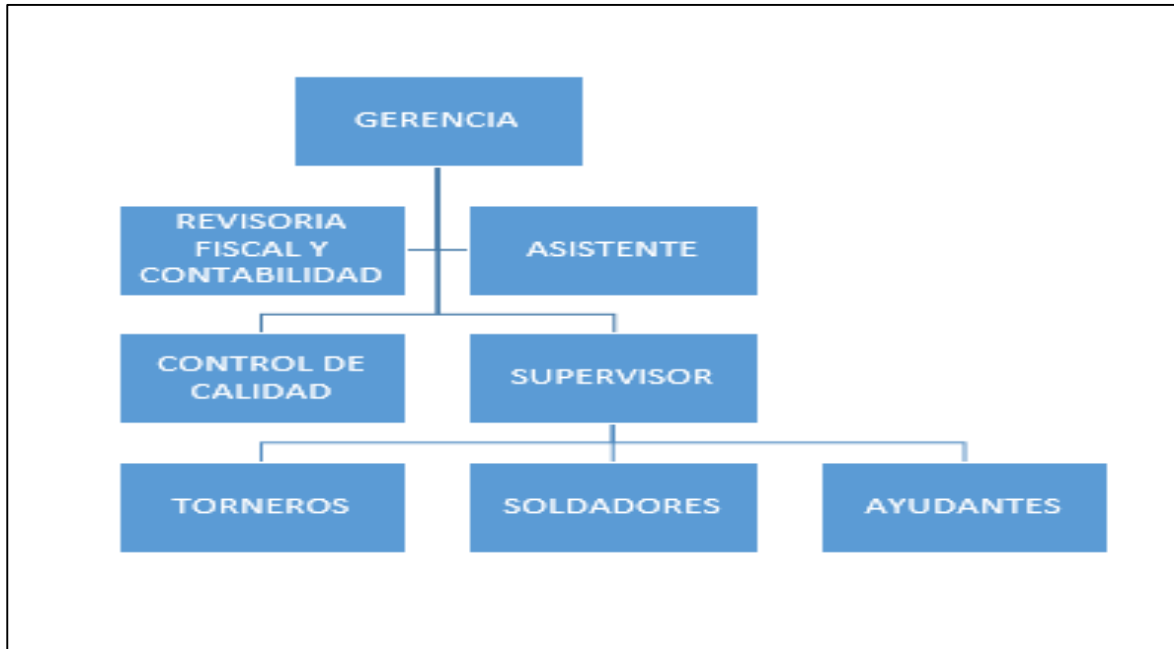


Diagrama 1. (Continuación)



1.4 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL

Figura 1. Organigrama de la empresa



Fuente: www.Insoin.com.co

1.5 LINEAS DE PRODUCCION

Inicialmente la empresa INSOIN SAS contaba solo con dos líneas de producción que eran la línea del hogar y la escolar , a medida que la demanda fue creciendo y se decidió expandir en el mercado en busca de acaparar más clientes , la empresa decide crear dos líneas nuevas que son la línea de publicidad y la industrial.

Actualmente la empresa cuenta con estas 4 líneas de producción en las que surten diferentes sectores económicos, la línea que más demanda productos es la línea del hogar donde se pueden encontrar sus productos estrellas que son;

- ✓ Jarras
- ✓ Vasijas
- ✓ Vasos
- ✓ Sillas

2. MOLDEO POR INYECCION

Desde que se descubrieron los polímeros estos han sido de gran avance para la industria, ya que con ellos se han fabricado gran variedad de artículos, pues estos presentan propiedades mecánicas y físicas que los hacen idóneos para muchas aplicaciones.

El proceso del moldeo por inyección en la actualidad es cada vez más común ya que la industria necesita abastecer una demanda enorme en diferentes campos, entre ellos se puede encontrar el automotor, hogar, oficina, etc.

En los últimos 50 años se ha llevado un crecimiento exponencial del sector del plásticos, siendo tanta la demanda que en la actualidad se produce más plástico que acero, esto se debe principalmente a dos factores, primero a su fácil producción masiva, ya que en el proceso de inyección es posible fabricar gran variedad de productos con un solo molde, para citar un ejemplo en la industria de los empaques, se pueden ver moldes de 30 cavidades, esto quiere decir que por un ciclo de inyección puede obtenerse 30 productos finales, el otro factor importante a tener en cuenta es que los costos para la fabricación de estos productos es relativamente bajo.

Actualmente se tienen maquinas totalmente automáticas que no requieren de ninguna intervención del operador, es más, existen plantas industriales cuyas instalaciones trabajan totalmente en ciclo automático. Un similar progreso han tenido la construcción de moldes, lo que ha contribuido en buena parte a alcanzar maquinas automatizadas.

2.1 PROCESADO DE PLASTICO

“Una de las técnicas que más se utilizan para el procesado del plástico es el moldeo por inyección, este proceso es uno de los más comunes utilizados en la industria para la transformación del plástico y obtención de productos de plástico. En la actualidad es común encontrar una gran variedad de artículos fabricados en plástico empleados en el hogar, oficinas, en el sector automotriz, etc.

Para el moldeo por inyección de plástico se requieren presiones y temperaturas más elevadas que en cualquier otro proceso de transformación, pero este proceso garantiza que se obtendrá un producto final con características idóneas, como superficies limpias y lisas además de que este proceso permite que haya un ritmo de producción elevado en la empresa, sin embargo cabe recalcar que es posible obtener piezas con imperfecciones debido a una mala elección de la resina, etc.”³

³ UNIVERSIDAD DE OVIEDO. Escuela de minas. Desarrollo [En línea] Disponible en: <http://www6.uniovi.es/usr/fblanco/Leccion11.MOLDEO.POR.INYECCION.pdf>

El fundamento del moldeo por inyección es inyectar un polímero fundido en un molde cerrado y frío, donde solidifica para dar el producto final. La pieza moldeada se recupera al enfriar todo el molde y al este abrirse para poder ser expulsada.

El ciclo de producción consta de las siguientes fases;

- ✓ Cierre del molde
- ✓ Avance del grupo de inyección
- ✓ Inyección del material en el molde, cerrado y frío
- ✓ Refrigeración y solidificación del objeto (comienza al terminar la inyección y dura hasta que empieza la apertura del molde)
- ✓ Retroceso del grupo de inyección
- ✓ Plastificación del material para el ciclo siguiente
- ✓ Apertura del molde y expulsión de la pieza

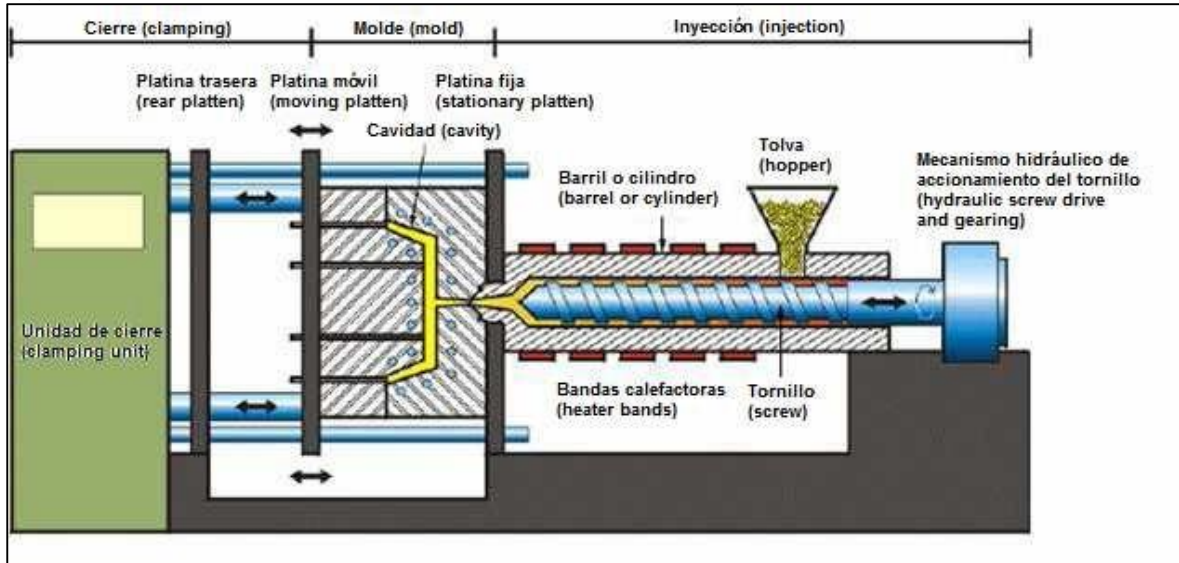
Una maquina empleada para el moldeo por inyección consta generalmente de dos secciones principales que son;

- ✓ Unidad de inyección
- ✓ Unidad de cierre

Sin importar la máquina de moldeo por inyección utilizada el proceso es el mismo, se debe tener el polímero termoplástico que se va a utilizar para realizar el ciclo, este termoplástico se debe verter en la tolva de alimentación de la maquina inyectora, esta máquina inyectora se calienta por medio de resistencia eléctricas, al verterse el polímero por la tolva de alimentación este llega al tornillo reciproco quien empieza a girar y a calentar el polímero para conseguir una mezcla homogénea y desplaza el polímero hasta la boquilla que conecta con el bebedero del molde que debe encontrarse cerrado, se abre la válvula de descarga y el husillo actúa ahora como émbolo, comprimiéndole y haciéndole fluir a través de la boquilla, hasta llenar el molde, transmitiendo al interior de éste toda la presión.”⁴

⁴ UNIVERSIDAD DE OVIEDO. Escuela de minas. Desarrollo [En línea] Disponible en: <http://www6.uniovi.es/usr/fblanco/Leccion11.MOLDEO.POR.INYECCION.pdf> .p. 2-5

Figura 2. Moldeo por Inyección



Fuente: <http://www6.uniovi.es/Leccion11.MOLDEO.POR.INYECCION.pdf>

Para el desarrollo del diseño del molde, es necesario conocer y aclarar conceptos y parámetros básicos a tener en cuenta, y así, establecer unas bases técnicas para garantizar un buen proceso de inyección, enfocado en la obtención del producto requerido para satisfacer la necesidad de la empresa. Máquinas y ciclos de inyección, tipos de moldes, materia prima, funciones y condiciones técnicas de las máquinas de inyección, entre otros; son los criterios más relevantes en este diseño.

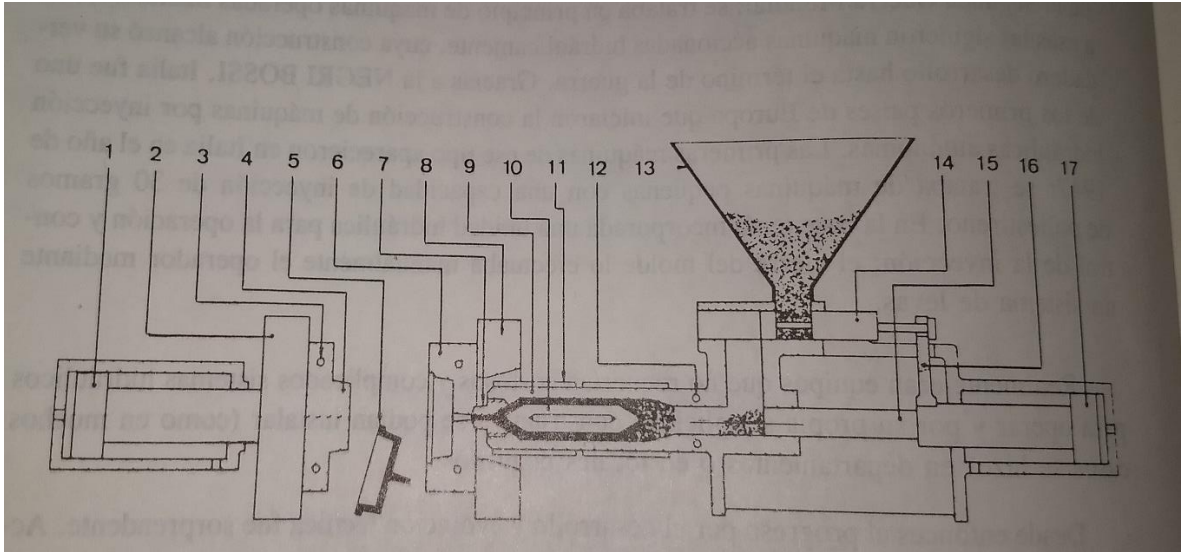
2.2 MAQUINAS INYECTORAS

“Las maquinas inyectoras de termoplásticos se agrupan dentro de unidades que se identifican por sus partes fundamentales, entre estas se tienen;”⁵

- ✓ Unidad de inyección
- ✓ Unidad de control
- ✓ Unidad de cierre

⁵UNIVERSIDAD DE OVIEDO. Escuela de minas. Desarrollo [En línea] Disponible en: <http://www6.uniovi.es/usr/fblanco/Leccion11.MOLDEO.POR.INYECCION.pdf> .p. 5-7

Figura 3. Partes de una maquina inyectora



Fuente: BODINI, Gianni. CACCHI PESANI, Franco. Diseño y fabricación de los moldes. Moldes y máquinas de inyección para la transformación de plásticos

En la figura 3 se pueden observar todos los componentes que componen las maquinas inyectoras de plástico, -1. Pistón de cierre -2. Platina móvil -3. Circuito de agua para el enfriamiento -4. Medio molde móvil -5. Pieza moldeada -6. Medio molde fijo -7. Boquilla -8. Platina fija -9. Husillo -10. Torpedo -11. Resistencia eléctrica para calentar el polímero -12. Circuito de agua -13. Trolva -14. Dosificador -15. Pistón de inyección -16. Brazo dosificador -17. Pisto de inyección

Para poder cumplir el ciclo de inyección de plástico, es necesario el buen funcionamiento del conjunto de estas unidades. Las partes más relevantes de una maquina inyectora son la unidad de inyección y de cierre.

2.3 UNIDAD DE INYECCIÓN

“Sus funciones principales son las de cargar y plastificar el material sólido, mediante el movimiento axial de un tornillo y con la ayuda de una temperatura elevada, transforma el material en líquido y lo direcciona hacia las cavidades del molde para que tome la forma de este.”⁶

PARTES DE LA UNIDAD DE INYECCIÓN

2.3.1 Barril. También conocido como cilindro, fabricado en acero, es capaz de soportar altas presiones.

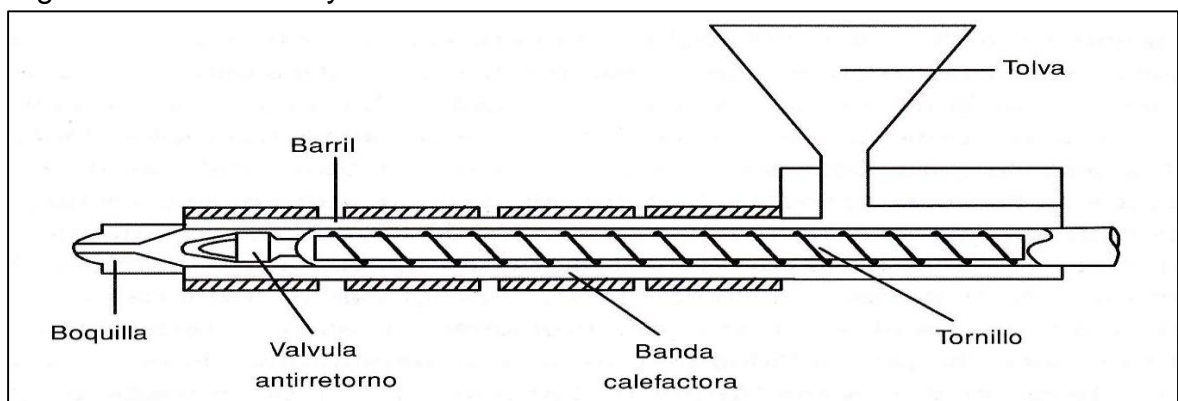
⁶ UNIVERSIDAD DE OVIEDO. Escuela de minas. Desarrollo [En línea] Disponible en: <http://www6.uniovi.es/usr/fblanco/Leccion11.MOLDEO.POR.INYECCION.pdf> .p. 12-15

2.3.2 Bandas Calefactoras. Estas bandas cubren el barril, son las encargadas de calentar y fundir el material mientras avanza por el tornillo.

2.3.3 Tornillo. El tornillo está fabricado en un acero muy duro, pulido o cromado para facilitar el movimiento del material en su superficie, se encarga de recibir el plástico, fundirlo, mezclarlo y transportarlo hacia el molde.

2.3.4 Válvula antirretorno. Se utilizan en sistemas donde se quiere mantener una presión constante, se utiliza en la unidad de inyección para cerrar el paso contrario del material, y solamente se mueva en la dirección que viene.

Figura 4. Unidad de Inyección



Fuente: <http://www6.uniovi.es/Leccion11.MOLDEO.POR.INYECCION.pdf>

2.3.5 Sistemas de potencia para la unidad de Inyección. Dentro del ciclo de inyección se tienen unos parámetros importantes a controlar, la fuerza aplicada al plástico fundido durante el llenado del molde y la compactación. También se debe tener en cuenta la velocidad a la que fluye el material dentro de las cavidades del molde y la presión durante el proceso de enfriamiento, son parámetros que influyen mucho en la calidad de la pieza final.

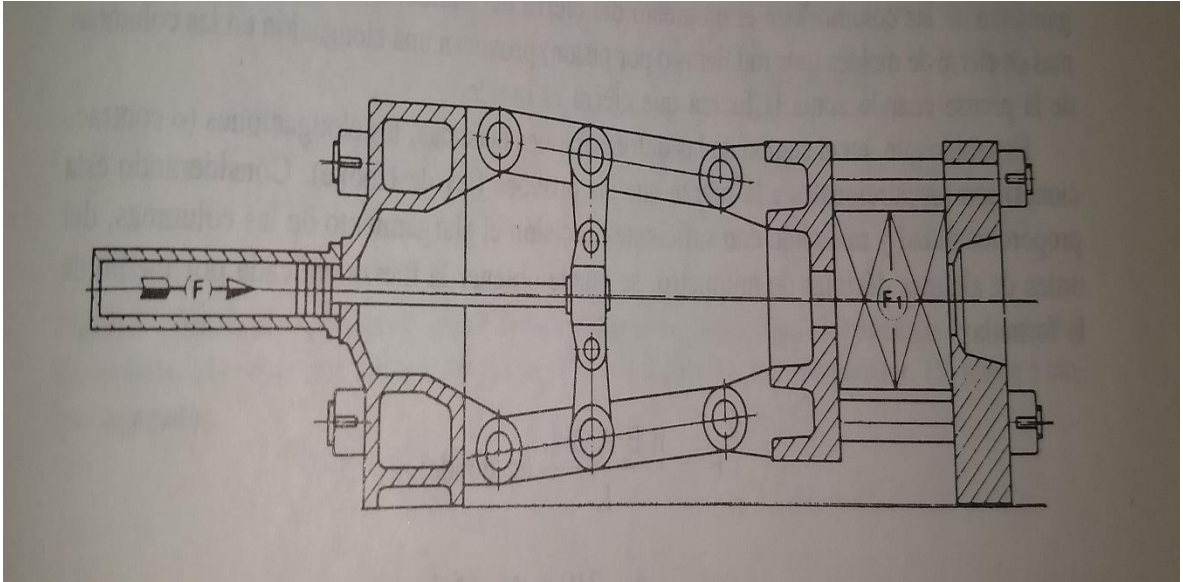
2.3.6 Sistema de potencia hidráulico. Los motores hidráulicos usan el principio de las bombas, en las cuales se convierte la potencia hidráulica de un fluido en potencia mecánica. Los fluidos más utilizados son aire, agua o aceite.

2.4 UNIDAD DE CIERRE

“La unidad de cierre de una inyectora puede compararse a una prensa, el molde tiene dos placas de sujeción, la placa fija se encuentra en el lado de inyección, y la móvil está en el lado de la unidad de cierre, que se desliza por 4 guías.”⁷

⁷ UNIVERSIDAD DE OVIEDO. Escuela de minas. Desarrollo [En línea] Disponible en: <http://www6.uniovi.es/usr/fblanco/Leccion11.MOLDEO.POR.INYECCION.pdf> .p. 14-17

Figura 5. Partes principales de la unidad de cierre



Fuente: BODINI, Gianni. CACCHI PESANI, Franco. Diseño y fabricación de los moldes. Moldes y máquinas de inyección para la transformación de plásticos

2.4.1 Platina estacionaria frontal. Es una placa fija que se encuentra en la base de la máquina, es la que soporta una de las mitades del molde.

2.4.2 Platina móvil. Es una placa móvil que soporta la otra mitad del molde, permite que el molde se abra o se cierre, gracias a las columnas guía que mueven esta placa hacia adelante o hacia atrás.

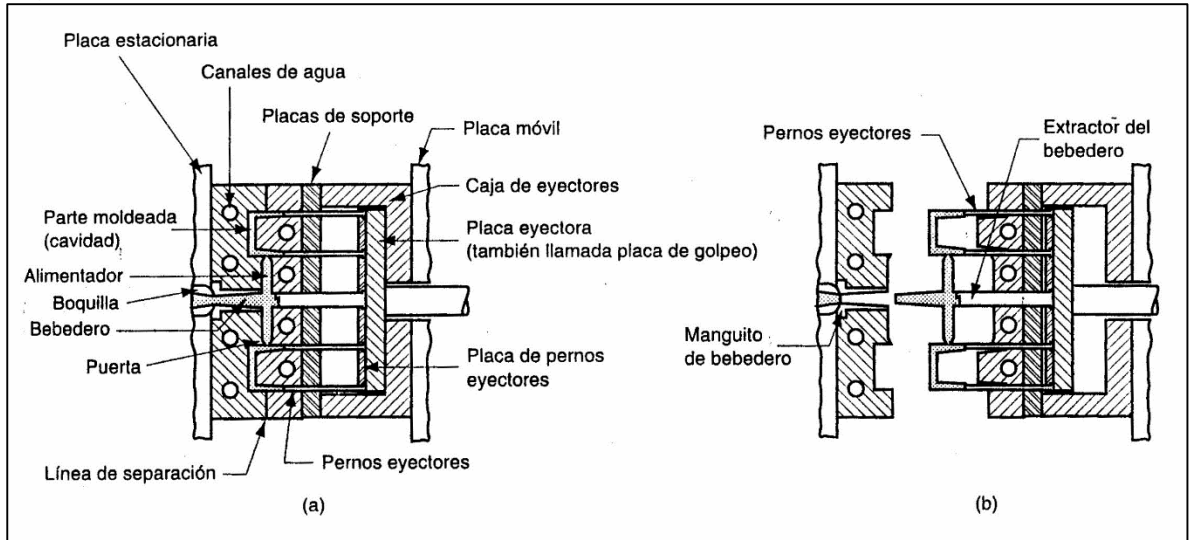
2.4.3 Platina estacionaria trasera. Esta platina es la encargada de soportar el mecanismo de cierre y sobre esta también se ejerce toda la fuerza necesaria para cerrar el molde.

2.5 EL MOLDE Y SUS PARTES

“El molde consta de dos partes o placas que componen la forma que se quiere moldear y se sujeta a las placas de cierre, de la manera más simple, en dos mitades. La parte de la izquierda es fija y la de la derecha es móvil.”⁸

⁸ UNIVERSIDAD DE OVIEDO. Escuela de minas. Desarrollo [En línea] Disponible en: <http://www6.uniovi.es/usr/fblanco/Leccion11.MOLDEO.POR.INYECCION.pdf> .p. 16-20

Figura 6. Partes del molde de inyección



Fuente: <http://www6.uniovi.es/Leccion11.MOLDEO.POR.INYECCION.pdf>

2.5.1 Placas de apoyo. Permiten integrar dentro de la estructura de la máquina el molde.

2.5.2 Canales de enfriamiento. Los moldes se suministran con canales de enfriamiento a través de los cuales pasa el agua. La temperatura del agua varía para los diversos productos.. A continuación se puede observar en la Tabla 1 algunas propiedades de los polímeros.

Tabla 1. Propiedades polímeros

Polymer	$T_g/^{\circ}\text{C}$	$T_m/^{\circ}\text{C}$	$T_{poly}/^{\circ}\text{C}$	$T_{mould}/^{\circ}\text{C}$
<i>Amorphous polymers</i>				
PC	150	-	280 - 320	85 - 120
SAN	120	-	200 - 260	30 - 85
ABS	100	-	200 - 280	40 - 80
PS	100	-	170 - 280	5 - 70
PMMA	105	-	150 - 200	50 - 90
uPVC	82	-	180 - 210	20 - 60
<i>Semi-crystalline polymers</i>				
PET	70	265	270 - 280	120 - 140
PTFE	40	220	220 - 280	80 - 130
PA 6	50	215	230 - 290	40 - 60
POM	-82	181	180 - 230	60 - 120
PP	-15	176	200 - 300	20 - 60
HDPE	-80	135	240 - 300	20 - 60
LDPE	-80	115	180 - 260	20 - 60

Fuente: <http://www6.uniovi.es/Leccion11.MOLDEO.POR.INYECCION.pdf>

2.5.3 Pernos de expulsión. Sirven para separar la parte fija de la parte móvil permitiendo que quede liberada la pieza moldeada. Se accionan mecánicamente por medio de un tornillo de resalto. Cuando se llena el molde se debe extraer el aire que se halla en él.

2.5.4 Pernos guía. Aseguran una perfecta alineación de la cavidad del molde con el resto de la estructura. Es decir, aseguran la exactitud del molde.

2.5.5 Anillo de localización. Asegura la correcta alineación con el canal de salida (boquilla) de la máquina de inyección.

2.5.6 Bebedero. Es el canal que une la cavidad del molde con la boquilla de la máquina y por el cual el material entra al molde. Este canal está en la parte fija del molde, y sin embargo, el plástico que solidifica en su interior ha de salir cuando se desmolde. Para que esto se lleve a cabo perfectamente esta cavidad incorpora una clavija de sujeción en su parte final que “corta” el plástico para que deslice más fácilmente. Debido al desgaste al que está sometido este canal, se hacen reemplazables y de fácil colocación.

2.5.7 Orificio para la inyección del material. Es un orificio estrecho por el cual el plástico fundido entra en la cavidad del molde y que permite una fácil separación de la zona de impresión y los canales de colada. Como suele ser lo que primero enfría, actúa como una válvula que evita que el material del interior de la zona de impresión sea succionado hacia afuera durante el movimiento de retorno del tornillo en la máquina.

El orificio en la compuerta tiene tres funciones que son;

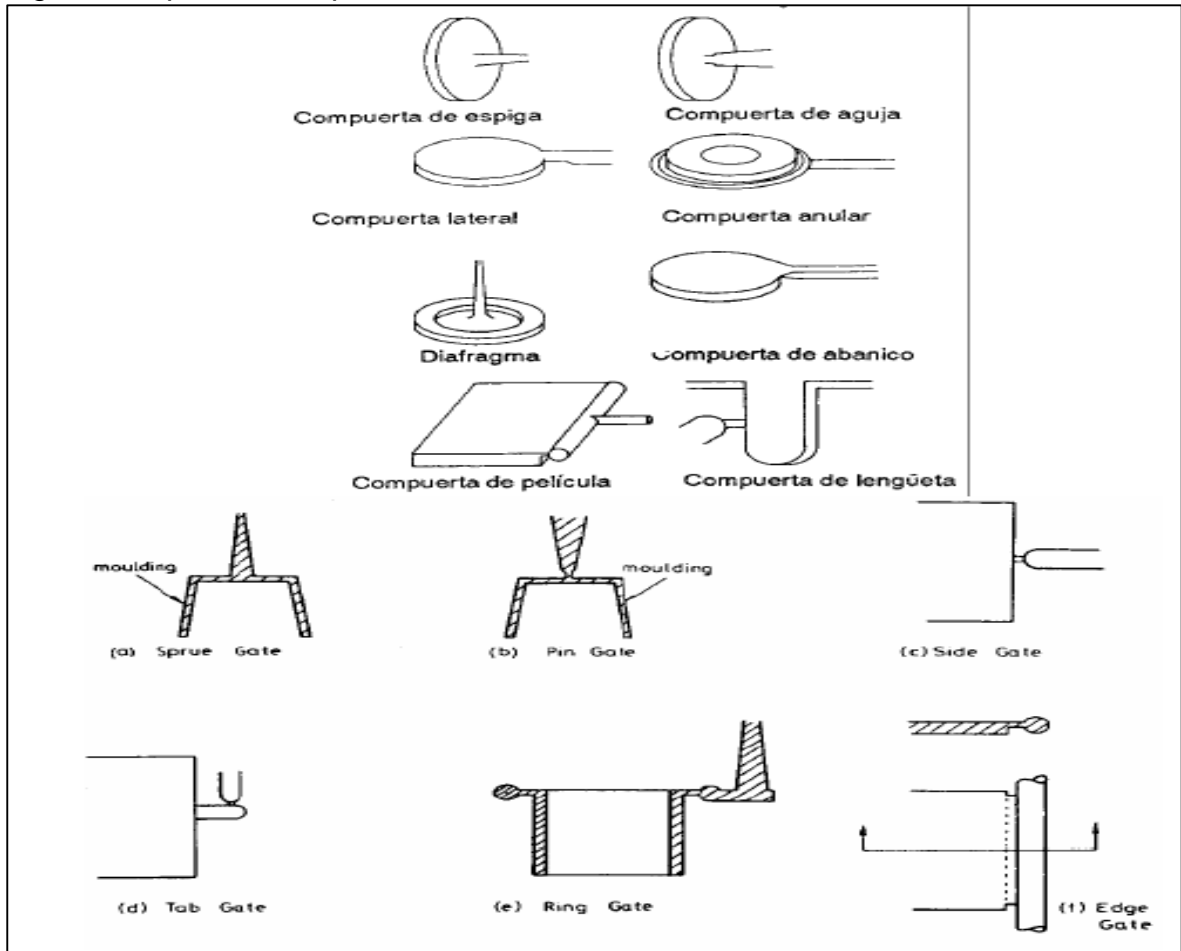
- ✓ Permite solidificación rápida del polímero cuando concluye la inyección. Esto aísla la cavidad y permite la extracción de la espiga o vena (material sólido que se forma en el bebedero)
- ✓ La sección sólida, estrecha y delgada permite separar fácilmente la espiga de la pieza moldeada después de sacarla del molde, eliminando en la mayoría de los casos la necesidad de desbastar en el acabado
- ✓ Incrementa la velocidad de corte conforme fluye el material fundido y, en consecuencia, disminuye la viscosidad para llenar mejor y más rápido moldes con formas complejas

Se usan varios tipos de diseño de compuertas con fines diferentes. A continuación se ilustran algunos de uso común. A continuación se describen algunas de las características de las diversas compuertas;

- ✓ Compuertas de canal de alimentación: Son las más simples. La alimentación desde el canal a una sola cavidad es directa
- ✓ Compuertas de aguja: Estas se llenan desde los bebederos. Por lo común se usan en moldes de tres placas. La pequeña cicatriz que dejan es fácil de borrar

en el acabado. La sección estrecha da una velocidad de corte muy alta, baja viscosidad y permite que se llenen fácilmente las secciones delgadas del molde

Figura 7. Tipos de compuertas



Fuente: <http://www6.uniovi.es/Leccion11.MOLDEO.POR.INYECCION.pdf>

3. CONCEPTUALIZACION Y PARAMETRIZACION

3.1 CONCEPTUALIZACION

3.1.1 Máquina inyectora de plástico. El diseño del molde viene condicionado principalmente por las especificaciones técnicas de la máquina inyectora que se va a utilizar, una máquina inyectora de plástico de husillo, la cual realizara el proceso de inyección, este proceso se realizara por medio del tornillo de la inyectora que se encargara de fundir e inyectar el material a través de la boquilla hacia las cavidades del molde.

3.1.2 Materia prima. Para la fabricación del comedero para perros se utilizara com materia prima el polipropileno, este termoplástico es obtenido a partir del propileno, que es un subproducto gaseoso obtenido al momento de refinar el petróleo.

El polipropileno es quizás uno de los termoplásticos que mas se utiliza en la industria de los plásticos, principalmente en los procesos de inyección, ya que sus características lo convierten en un material idóneo para la fabricación de variedad de productos, entre sus características más importantes podemos encontrar que es un material liviano ya que su peso específico es menor si lo comparamos con otros materiales , también si transparencia lo que hace que el producto final obtenga unos acabados excelentes.

3.1.3 Molde de inyección. Se selecciona el molde de dos placas debido a la simplicidad tanto en la geometría de la pieza, como en el mantenimiento del mismo además del bajo costo para su manufactura a comparación de los otros tipos de moldes.

El molde se diseñará acorde a la pieza que se deseaba obtener por el cliente, pues la geometría de ésta condiciona factores como el posicionamiento de las columnas guías, el sistema de alimentación del molde, el sistema de expulsión etc.

3.1.4 Medio refrigerante. Para poder definir el líquido atemperador adecuado para realizar el proceso de refrigeración del molde primero se debe evaluar la temperatura de transformación del polímero, además de la cantidad de calor que este le trnasfiere al molde, en los moldes de inyección se emplean principalmente dos tipos de líquido refrigerante que son: el agua y el aceite.

Cuando un molde durante el proceso de inyección trabaja a una temperatura entre 15°C y 65°C se usa agua y la ayuda de torres de enfriamiento para que el líquido refrigerante vuelva a tomar temperatura ambiente para así poder volver a realizar el ciclo de enfriamiento, es por esto que como podemos observar a continuación en el cuadro 1, se toma la decisión de utilizar agua como liquido atemperador.

Cuadro 1. Polímeros

POLÍMERO	TEMP. FUNDIDO (°C)	TEMP. MOLDE (°C)	VEL. DEL TORNILLO RPM	PRESIÓN Kg/cm ²	ENCOGIMIENTO mm/mm
Polietileno de baja densidad	190-288	10-38	Máxima	3.5-7.03	1.0125-0.025
Polietileno de alta densidad	204-315	10-38	Máxima	3.5-7.03	0.025-0.040
Polipropileno	218-288	10-65	Máxima	3.5-7.03	0.015-0.020
Poliestireno	190-288	38-65	50-200	3.5-7.03	0.004-0.010
PVC flexible	154-288	38-65	150-200	3.5-7.03	0.004-0.010
PVC rígido	165-182	38-65	50-75	10.5-14.07	0.004-0.006

Fuente: <http://makerocolombia.blogspot.com.co/2016/04/disenio-de-refrigeracion>

3.2 PARAMETROS DE DISEÑO

3.2.1 Producto a fabricar. Será un comedero doble de comida para perros de raza media, el modelo presentado a continuación fue provisto por la empresa el cual contara con un orificio donde podrá adaptarse un accesorio roscable que permita la adaptación de una botella plástica para permitir que haya una dosificación del agua consumida por los Canes en una de sus cavidades y en su otra cavidad permitir que se aloje la comida para estos como se observa en la figura 8;

Figura 8. Comedero doble con sistema de dosificación para canes



Fuente: INSOIN.SAS

- ✓ Tiene unas dimensiones de 30 cm de largo, 14 cm de ancho y una altura de 5,5 cm y un peso neto de la pieza que no puede superar los 250 g,
- ✓ El material con el cual se fabricara el comedero va ser polipropileno

3.2.2 Capacidad de la máquina inyectora. La máquina inyectora a utilizar es una HAITAN MARS 2 SERIES y tiene las siguientes especificaciones técnicas;

Tabla 2. Especificaciones técnicas

Fuerza de cierre	1.600	KN
Tiempo de ciclo	14-20	Segundos
Capacidad de inyección	290	gr

3.2.3 Dosificación del producto. El producto a fabricar funcionara también como dosificador de líquido para los canes de raza media, para no aumentar los costos de fabricación del molde al diseñar la parte roscable donde se colocara la botella que contendrá el agua la empresa tomo la decisión de diseñar un accesorio que se acoplara al comedero, las medidas de este accesorio fueron dadas por la empresa.

4. PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS

El diseño es sin duda uno de los aspectos más relevantes a la hora de la fabricación de moldes de inyección, la correcta planeación del molde ayuda a ahorrar dinero y posibilita una mayor efectividad y vida útil del mismo

Es por esto que el adecuado diseño y fabricación del sistema de enfriamiento en un molde juega un papel fundamental a la hora de hablar de la inyección de plástico y la rentabilidad del mismo, ya que al tener un sistema de enfriamiento deficiente se puede generar una distribución dispareja de la temperatura lo que acarrea innumerables problemas en el molde como riesgo de fatiga térmica en el acero, y en la pieza final como fragilidad, deformaciones y muchas otras discontinuidades.

Es por esto que teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, se plantean los siguientes criterios para evaluar la mejor alternativa en el sistema de refrigeración;

- ✓ Menor costo de fabricación
- ✓ Menor cantidad de componentes
- ✓ Menor mantenimiento
- ✓ Menor tiempo de ciclo

4.1 DEFINICION CRITERIOS DE INGENIERIA

- ✓ Menor costo de fabricación : Reducir los costos de fabricación del molde
- ✓ Menor cantidad de componentes: Reducir al máximo la cantidad de componentes que conforman el molde
- ✓ Menor mantenimiento: Que el molde requiera el menor mantenimiento posible para no afectar la producción de la inyectora
- ✓ Menor tiempo de ciclo: El tiempo de ciclo debe ser lo más corto posible para aumentar la productividad

4.2 PLANTEAMIENTO DE LAS ALTERNATIVAS DE DISEÑO PARA EL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

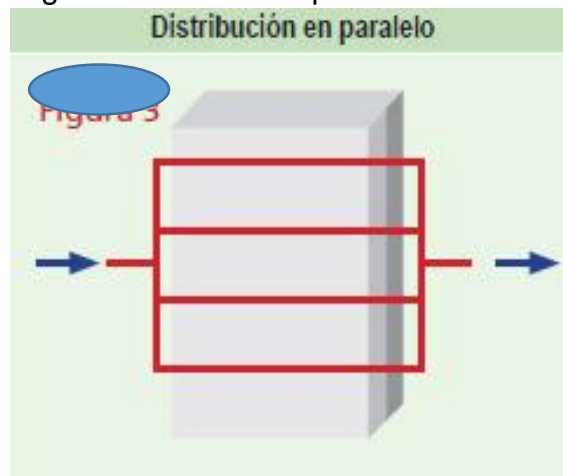
Se plantean tres alternativas de diseño basados en los diferentes circuitos de refrigeración utilizados en el sistema de enfriamiento de los moldes, estas alternativas serán evaluadas con los criterios de ingeniería definidos anteriormente,

que cumplen con los requerimientos necesarios para garantizar la productividad del molde.

4.2.1 Alternativa 1. Circuito en paralelo. Los circuitos de refrigeración en paralelo junto a los circuitos en serie son de los sistemas de refrigeración más utilizados en los moldes de inyección, como puede observarse en la figura 9 el circuito en paralelo es un conjunto de varios bucles por donde fluye el líquido atemperador al interior del molde.

Es posible que el flujo entre los canales de refrigeración no sea constante debido al diseño de estos canales y de la pieza que se va a fabricar, lo que puede ocasionar que no haya una refrigeración homogénea que puede conllevar a imperfecciones en la pieza, para que esto no suceda se debe tener cuidado al momento de seleccionar el diámetro de los canales de refrigeración y de la cantidad de bucles necesarios que deben venir condicionados al tamaño y la complejidad del molde.

Figura 9. Circuito en paralelo

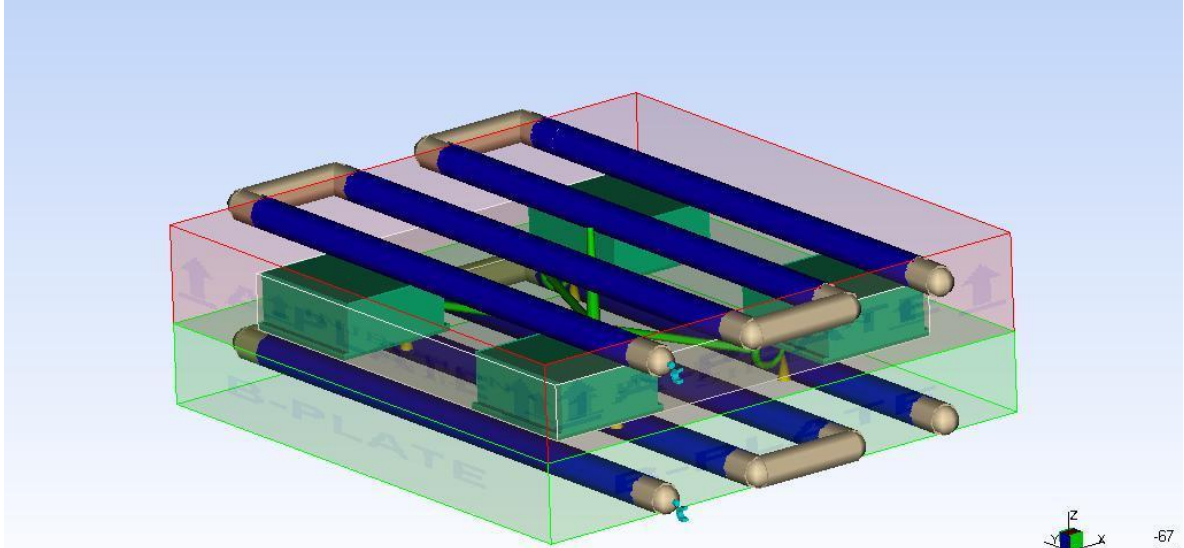


Fuente: <http://makeroc.com.co/diseño-de-refrigeración-en-moldes-de.html>

4.2.2 Alternativa 2. Circuito en serie. Este es el tipo de circuito mas utilizado en los moldes de inyeccion, este circuito posee una entrada y una salida, ademas de un solo serpentín que atravieza por completo el molde de inyeccion, como los canales de refrigeracion van a tener un tamaño uniforme se garantiza que el flujo a travez de todo el molde sea constante, lo que quiere decir que el enfriamiento de la pieza va a ser homogeneo.

Cuando se emplean en moldes de alta produccion debe verificarse que la temperatura del liquido atemperador sea 5°C diferente entre la entrada y la salida y 3°C cuando es un molde que fabrica piezas de gran precision.

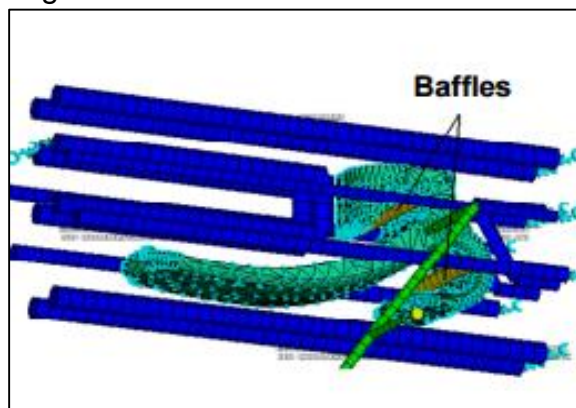
Figura 10. Circuito en serie



Fuente: Autodesk Simulation. Ayuda. Circuitos de refrigeración [En línea] Disponible en: <http://help.autodesk.com/view/MFAA/2016/ESP/>

4.2.3 Alternativa 3. Circuito con baffles. Los baffles son secciones de líneas de enfriamiento que extienden el flujo del líquido atemperador a zonas del molde donde no se existe refrigeración, esto puede ocurrir porque el molde tenga un diseño de pieza tan complejo que es imposible utilizar canales de refrigeración que lleguen a estas zonas que carecen de enfriamiento. Lo que se hace con los baffles es que se conectan a una línea principal de refrigeración para permitir que se pueda llevar flujo hacia esas zonas para que realicen el enfriamiento.

Figura 11. Baffles



Fuente: Autodesk Simulation. Ayuda. Circuitos de refrigeración [En línea] Disponible en: <http://help.autodesk.com/>

4.3 EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

Para realizar la evaluación de alternativas se establecen unos criterios los cuales permitirán poder calificar las tres alternativas propuestas para poder seleccionar una, a continuación se establecen 5 criterios y se les da una ponderación de 1 a 5 como puede observarse en el siguiente cuadro;

Cuadro 2. Asignación de peso de los criterios

CRITERIOS	PONDERACIÓN W_i
1. Menor costo de fabricación	4
2. Menor cantidad de componentes	3
3. Menor mantenimiento	4
4. Menor tiempo de ciclo	5

Donde;

5 = El más significativo, 4= Es significativo, 3= Es aceptable, 2= no es tan relevante, 1=no se tiene en cuenta.

Se asigna al criterio de menor tiempo de ciclo una importancia de 5 debido a que este garantiza una mejor productividad del molde ya que a menor tiempo de ciclo mayor cantidad de unidades producidas.

Se asigna a menor costo de fabricación una importancia de 4 debido a que al ser un molde nuevo se busca reducir al máximo los costos en su fabricación para que así la inversión realizada se recupere lo más rápido posible.

Se asigna al criterio requiere el menor mantenimiento una importancia de 4 debido a que el molde se encuentra en un uso continuo entonces las paradas por mantenimiento afectaría directamente la producción del molde.

Se asigna al criterio menor cantidad de componentes una importancia de 3 para que sea lo más práctico posible al momento de ensamblarlo por operarios y realizarle mantenimiento.

Se establece una ponderación de los criterios respecto a cada una de las alternativas, empleando una escala de 9 puntos.

Cuadro 3. Grado de satisfacción

Criterio	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Menor costo de fabricación	7	9	6
Menor cantidad de componentes	6	8	5
Requiere el menor mantenimiento	7	8	5
Menor tiempo de ciclo	7	7	8

Donde;

9= Superior, 8= Alto, 7= Casi alto, 6= No tan alto, 5= Mediano, 4= No tan bajo, 3= Bajo, 2=Muy bajo, 1= Inferior.

El modelo para calcular es score está en la siguiente ecuación;

$$S_j = \sum_i W_i r_{ij}$$

Cuadro 4. Score

Criterio	Ponderación	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
1. Menor costo de fabricación	4	28	36	24
2.Menor cantidad de componentes	3	18	24	15
3.Requiere el menor mantenimiento	4	28	32	20
4.Menor tiempo de ciclo	5	35	35	40
		109	127	99

Se escoge la alternativa 2, el circuito que se empleará para el sistema de enfriamiento será el circuito en serie, pues al evaluar cada uno de los criterios establecidos en cada una de las alternativas de diseño por el método de multicriterio arrojó que esta alternativa es la más viable para el diseño del sistema de refrigeración del molde.

4.3.1 Conceptualización de la alternativa. Los circuitos en serie son los más utilizados en los moldes de dos placas pues permiten un enfriamiento uniforme en el molde ya que su geometría permite que haya un flujo volumétrico igual durante todo el circuito, por lo cual el enfriamiento es bastante uniforme en el molde de inyección.

Este tipo de circuito posee una entrada y una salida por donde circula el líquido atemperador, es un circuito eficiente y relativamente económico en comparación con otros circuitos, en este tipo de circuito por lo general los canales de enfriamiento van en el macho.

5. DISEÑO DEL MOLDE

5.1 METODOLOGÍA

“Para llevar a cabo un diseño adecuado para el molde de inyección es necesario realizar una serie de pautas que facilitarán el proceso que se realizará para poder obtener todos los datos que se requieren para el diseño del molde, en el diseño y la fabricación de los moldes prácticamente todas los componentes se relacionan entre sí , es por esto que se decide utilizar como bibliografía para llevar a cabo el diseño el libro Moldes y máquinas de inyección para la transformación de plásticos, Tomo II cuyos autores son Gianni Bodini y Franco Cacchi Pisana. ”⁹

El cual da una serie de pautas a seguir para un correcto diseño de todos los componentes del molde, a continuación se ordenan los pasos a seguir;

- ✓ Forma de la pieza
- ✓ Cantidad de piezas a producir
- ✓ Selección del sistema de moldeo
- ✓ Selección de la máquina
- ✓ Número de cavidades
- ✓ Selección de materiales para moldes
- ✓ Sistema de alimentación
- ✓ Sistema de expulsión
- ✓ Sistema de enfriamiento

“Las pautas descritas anteriormente son básicas pero importantes al momento de realizar el diseño de un molde, ya que de estos dependen la rentabilidad del molde en sí y que el diseño que se realiza sea exitoso, cabe resaltar que también se requiere que las partes que trabajan en el diseño como lo son el diseñador, el fabricante del molde tomen las decisiones pertinentes que garanticen el buen funcionamiento y la vida útil del molde”¹⁰

⁹ BODINI, Gianni. CACCHI PESANI, Franco. Diseño y fabricación de los moldes . Moldes y máquinas de inyección para la transformación de plásticos. Tomo II. México. Negri Bossi. 1992

¹⁰ Ibíd., p .319

Los cálculos desarrollados en este capítulo, se realizan con las ecuaciones expuestas por José Moreno en su libro Moldes para inyección de plásticos”¹¹

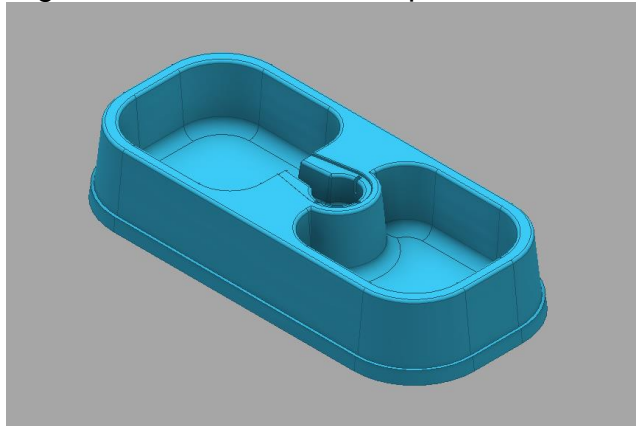
5.2 FORMA DE LA PIEZA

“Las dimensiones , forma, peso y el material plástico con el que se fabricará el comedero fueron parámetros dados por la empresa INSOIN SAS en el cual se especificó como forma inicial de la pieza, un comedero doble para canes de raza media, el cual será fabricado en Polipropileno y tendrá las siguientes dimensiones;”¹²

- ✓ Largo de 30 centímetros
- ✓ Ancho de 14 centímetros
- ✓ Altura de 5,5 centímetros

En la siguiente figura se puede observar el 3D de la pieza a fabricar diseñada mediante el programa Inventor.

Figura 12. Comedero doble para canes



Se obtuvieron las siguientes propiedades físicas como la masa, el área y el volumen al momento de asignar como materia prima Polipropileno en el software, estos datos se utilizaran en el diseño del molde, en la siguiente tabla se pueden observar estos valores.

¹¹ MORENO, José. Proceso de moldeo por inyección de plástico. Colombia:. Universidad nacional, 1997.

¹² BODINI, Gianni. CACCHI PESANI, Franco. Diseño y fabricación de los moldes . Moldes y máquinas de inyección para la transformación de plásticos. Tomo II. México. Negri Bossi. 1992

Tabla 3. Propiedades físicas del comedero

The screenshot shows a software window titled "iProperties de Comedero Doble". It has a tabbed interface with tabs for "General", "Resumen", "Proyecto", "Estado", "Personalizadas", "Guardar", and "Propiedades físicas". The "Propiedades físicas" tab is active. It contains several sections: "Sólidos" with a dropdown menu set to "La pieza" and an "Actualizar" button; "Material" with a dropdown menu set to "Polipropileno" and a "Portapapeles" button; "Densidad" with a text input "0,899 g/cm^3" and a "Precisión solicitada" dropdown set to "Baja"; "Propiedades generales" with a table of mass, area, volume, and center of gravity coordinates; and "Propiedades de inercia" with buttons for "Principal", "Global", and "Centro de gravedad", and a table of principal moments and rotation angles.

Propiedades generales		
Masa	242,483 g (Error re)	Centro de gravedad
		X 0,085 cm (Error rel)
Área	2155,067 cm^2 (Er	Y 0,000 cm (Error rel)
Volumen	269,725 cm^3 (Err)	Z 2,796 cm (Error rel)

Propiedades de inercia		
Momentos principales		
I1	I2	I3
5654,506 g cm^2	19846,405 g cm^2	24155,825 g cm^2
Rotación a principal		
Rx	Ry	Rz
-0,00 gr (Error r)	0,13 gr (Error r)	0,00 gr (Error r)

Fuente: Software inventor

5.3 CANTIDAD DE PIEZAS A PRODUCIR

Según condiciones iniciales de la producción diaria que tiene la empresa con productos plásticos, se estima que para la producción de comederos para perros, se tendrán turnos de 6 horas y un tiempo de ciclo aproximado de 20 segundos.

Según la demanda del producto estimada obtenida por la empresa con estudios de mercado se define que la empresa desea obtener una producción diaria de hasta 1.200 unidades, se debe estimar un número de cavidades para poder tener un valor tentativo de las unidades que se producirán por turno, como la pieza que se obtendrá con el molde debe pesar aproximadamente 250 gramos, se elige un número estimado de cavidades de 1 , ya que debe tenerse también en cuenta la

capacidad de las inyectoras que posee la empresa, entonces se calcula por medio de la siguiente ecuación;

$$C = N * x$$

Dónde,

C = Cantidad de piezas a producir

N = Numero de cavidades

x = Cantidad de ciclos en un turno

En un turno de 6 horas, hay 1.080 ciclos, dado que cada ciclo tarda 20 segundos según datos experimentales obtenidos por la empresa con productos similares.

$$C = 1 * 1.080 = 1.080 \text{ unidades por turno}$$

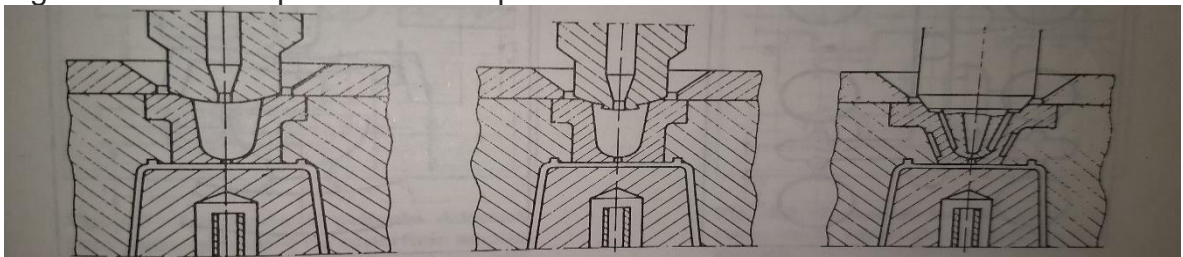
En un turno completo se tendrá una producción de 1.080 unidades, por lo que se cumple con el parámetro dado por la empresa el cual era obtener hasta 1.200 unidades por turno de trabajo, solo se trabajara un turno en la planta de producción para la fabricación del comedero.

5.4 SISTEMA DE MOLDEO

“El sistema de moldeo o alimentación como su nombre lo indica se encarga de llevar el plástico fundido desde la unidad de inyección de la inyectora hasta la cavidad o cavidades del molde, dependiendo del tipo de molde debe seleccionarse el sistema de moldeo para garantizar un llenado homogéneo en la cavidad.

En moldes de una sola cavidad se aconseja utilizar un sistema de inyección capilar con precámara, con el fin de evitar que hayan desperdicios de material o que este se solidifique en el punto de inyección.”¹³

Figura 13. Entrada puntiforme o capilar



Fuente: BODINI, Gianni. CACCHI PESANI, Franco. Diseño y fabricación de los moldes . Moldes y máquinas de inyección para la transformación de plásticos

¹³ BODINI, Gianni. CACCHI PESANI, Franco. Diseño y fabricación de los moldes . Moldes y máquinas de inyección para la transformación de plásticos. Tomo II. México. Negri Bossi. 1992 p. 323

Para conseguir que las cavidades del molde se llenen por completo y conseguir que la mezcla del polímero a verter sea lo más homogénea posible es necesario que los canales de alimentación del molde sean lo más directo posible al punto de inyección del molde.

5.5 PROPIEDADES DE LA MÁQUINA DE INYECCIÓN

Actualmente la empresa cuenta con tres máquinas inyectoras capaces de inyectar polipropileno (PP), se selecciona la máquina inyectora de marca HAITIAN MA 1600II/660 ya que esta posee las especificaciones técnicas requeridas para poder fabricar el comedero puesto que las otras dos que posee la empresa tienen una capacidad de inyección mucho más grande que la que se requiere para la fabricación del comedero; se presentan a continuación las propiedades fundamentales que sirven como referencia para el diseño del molde;

Tabla 4. Propiedades de la inyectora

HAITIAN PLASTICS MACHINERY		
ESPECIFICACION	UNIDAD	MA1600II/660
UNIDAD DE INYECCION		
Diámetro del Tornillo	mm	40
Relación Longitud - Diámetro	L/D	22,5
Volumen de inyección teórica	cm ³	334
Peso de inyección (PS)	g	270
Tasa de inyección (PS)	g/s	131
Presión de inyección	Mpa	238
Tasa de plastificación	g/s	21,2
Velocidad del tornillo	rpm	0-255
UNIDAD DE SUJECION		
Fuerza de cierre	kN	1.600
Carrera de inyección	mm	430
Espacio entre columnas	mm	470x470
Altura máxima del molde	mm	520
Altura mínima del molde	mm	180
Recorrido del expulsor	mm	140
Fuerza de expulsión	kN	33

Fuente: INSOIN SAS

5.6 NÚMERO DE CAVIDADES

Como se mencionó anteriormente el número de cavidades depende de la geometría de la pieza y del molde, de la capacidad de la máquina inyectora que se va a utilizar, teniendo en cuenta estos parámetros se calcula el número de cavidades con el fin de rectificar el valor de cavidades estimado por medio de la siguiente ecuación;

$$N_1 = \frac{S_v}{A_v}$$

Donde;

N_1 = Cantidad máxima teórica de cavidades

S_v = Volumen máximo de inyección de la máquina [cm^3] Ver Tabla 4, pág.47

A_v = Volumen de la pieza más la mazarota [cm^3] Ver Tabla 3, pág.45

$$N_1 = \frac{334 \text{ cm}^3}{269,725 \text{ cm}^3} = 1,23 \text{ cavidades}$$

Se obtiene como resultado un total de cavidades de 1,

5.7 SELECCIÓN DE MATERIALES PARA MOLDES

Para la fabricación de los diferentes componentes del molde se utilizaron los siguientes aceros;

Tabla 5. Materiales del molde

P20	Cavidades y placa macho
AISI 1020	Carcaza del molde, paralelas y topes
SAE 4140	Anillo centrador, boquilla y tuerca retro expulsión

- ✓ El ACERO P20 se utilizó en el grupo que conforma las cavidades pues brindan el brillo necesario y la dureza requerida en esta zona, además de que gracias a que se deja brillar permite que el producto terminado salga con unas buenas características tanto visuales como mecánicas, evitando imperfecciones
- ✓ El ACERO AISI 1020 se utilizó en todas las placas del molde, paralelas pues son elementos que están sometidos a altas presiones y no requieren de un buen acabado superficial, se le realiza acabado superficial de temple y revenido para aumentar su dureza

- ✓ El ACERO SAE 4140 es un acero aleado, se utilizó en la boquilla, el anillo y el retenedor de colada pues son elementos que no están sometidos a grandes cargas y a fricción además de que este es un acero que presenta alta resistencia a la abrasión, a altas temperaturas, gran dureza y alta mecanizabilidad

5.8 SISTEMA DE ALIMENTACIÓN

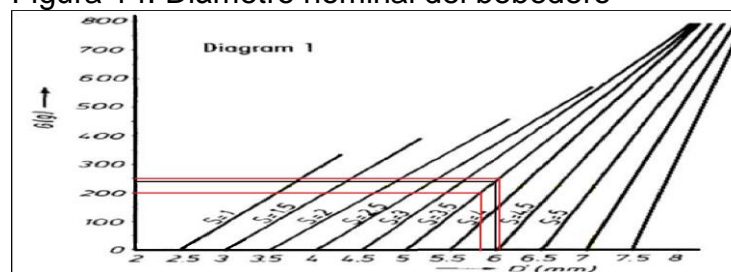
El sistema de alimentación es quizás el factor más importante a la hora de realizar el diseño del molde cuando se habla de el llenado de la cavidad, ya que este lo conforman el bebedero, la localización del punto de inyección y los canales de alimentación por donde irá la colada, la ventaja que presenta es que por lo general estos aspectos los decide el diseñador a criterio propio, pero teniendo en cuenta la cavidad del molde, el espesor máximo de la pieza, etc.

Para verificar que el sistema de alimentación escogido sea el correcto, se utiliza la ayuda del software Mold Flow en el que se realizan simulaciones en las que puede observarse el recorrido del polímero a través de la cavidad, en las que también se verifica que el polímero llene por completo la cavidad y que la calidad del llenado sea de más del 90%.

5.8.1 Localización del punto de inyección. La localización del punto de inyección es primordial pues debe dirigir el polímero fundido a través de las paredes de la cavidad hasta llenarla por completo, en el caso del molde el punto de inyección se dejó muy cerca de la pieza, con el propósito de llenar primero la parte donde se encuentra el agujero en el que se adaptará el accesorio que llenará los compartimientos, además con esto se garantizó reducir al máximo los gases atrapados en la placa al momento de cerrar el molde. Como se puede comprobar en la simulación de líneas de soldadura (figura 47 pág. 79) se pudieron reducir al mínimo las líneas de unión

5.8.2 Bebedero. Es el encargado de conectar la boquilla de la inyectora con los canales de alimentación que tiene el molde, por donde fluirá el polímero previamente calentado y mezclado, en la siguiente grafica se realizó la selección del diámetro del bebedero teniendo en cuenta que se requieren datos iniciales como el peso de la pieza y el espesor máximo.

Figura 14. Diámetro nominal del bebedero



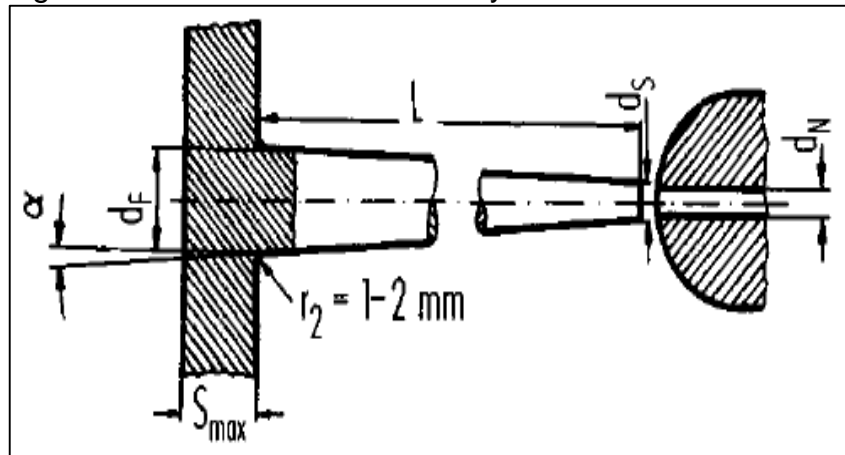
Fuente. Menges George, Michael Walter y Mohren Paul. How to Make Injection Mold.

Teniendo como dato inicial el peso de la pieza de 242,48 g y un espesor máximo de 3,5 mm, se obtiene que el diámetro para el bebedero será de 6 mm.

5.8.3 Tipo de Canal de alimentación. Para el diseño de los canales de alimentación del molde se seleccionó con sección transversal circular, este tipo de canal es el más utilizado en la fabricación de moldes ya que al ser su geometría circular permiten una mejor circulación del material inyectado, además de que el tipo de inyección es capilar

5.8.4 Diseño de la sección transversal del canal de alimentación. Para realizar un correcto diseño de la sección transversal es necesario seleccionar un diámetro óptimo para estos canales es por eso que es necesario tener datos acerca de la boquilla y el bebedero, como se muestra en la figura 15;

Figura 15. Acotado del bebedero y canales de alimentación



Fuente. Menges George, Michael Walter y Mohren Paul.
How to Make Injection Mold.

$$d_F \geq S_{\max} + 1,0mm$$

$$d_S = d_N + 1,5mm$$

Donde;

d_N = Diámetro de la boquilla de la inyectora, [mm]

d_S = Diámetro inicial del bebedero [mm]

d_F = Diámetro del extremo del bebedero [mm]

S_{\max} = Diámetro del canal de alimentación o máximo espesor de la pieza [mm]

L = Longitud del bebedero [mm]

α = Ángulo del bebedero

Primero debe corroborarse que el dato obtenido en la gráfica es el correcto , para esto, se tiene que el espesor máximo de pared es de 3,5 mm, se reemplaza en la

siguiente ecuación para comprobar que el nuevo valor no sea igual ni más grande que el obtenido interpolando en la gráfica de la figura 14, entonces;

$$d_F \geq 3,5 \text{ mm} + 1,0 \text{ mm}$$
$$6 \text{ mm} \geq 4,5 \text{ mm}$$

Ahora se debe calcular el valor correspondiente al diámetro inicial del bebedero, para esto se utiliza la ecuación descrita anteriormente, reemplazando el diámetro de la boquilla de la maquina inyectora el cual corresponde a 3,50 mm, este dato fue dado por el ingeniero de la empresa INOSIN SAS, entonces tenemos;

$$d_S = 3,50 \text{ mm} + 1,5 \text{ mm}$$
$$d_S = 5 \text{ mm}$$

Se tiene que el diámetro inicial del bebedero debe ser de 5 mm.

5.9 SISTEMA DE EXPULSIÓN

El sistema de expulsión como su nombre lo indica es el que se encarga de expulsar la pieza ya solidificada del molde, es importante realizar un buen diseño del sistema de expulsión ya que este nos garantiza que no queden residuos del polímero en el molde al momento de cerrarse. Por esto el sistema cuenta con 4 pernos expulsores en cada compartimiento del comedero (figura 16) esto con el fin de evitar que queden residuos en el centro de la cavidad donde se encuentra el agujero (mazarota), adicionalmente cuenta con 4 retornadores (figura 18) que tendrán función de tope para cuando el sistema de expulsión se abra y cierre buscando su posición inicial.

Figura 16. Sistema de expulsores

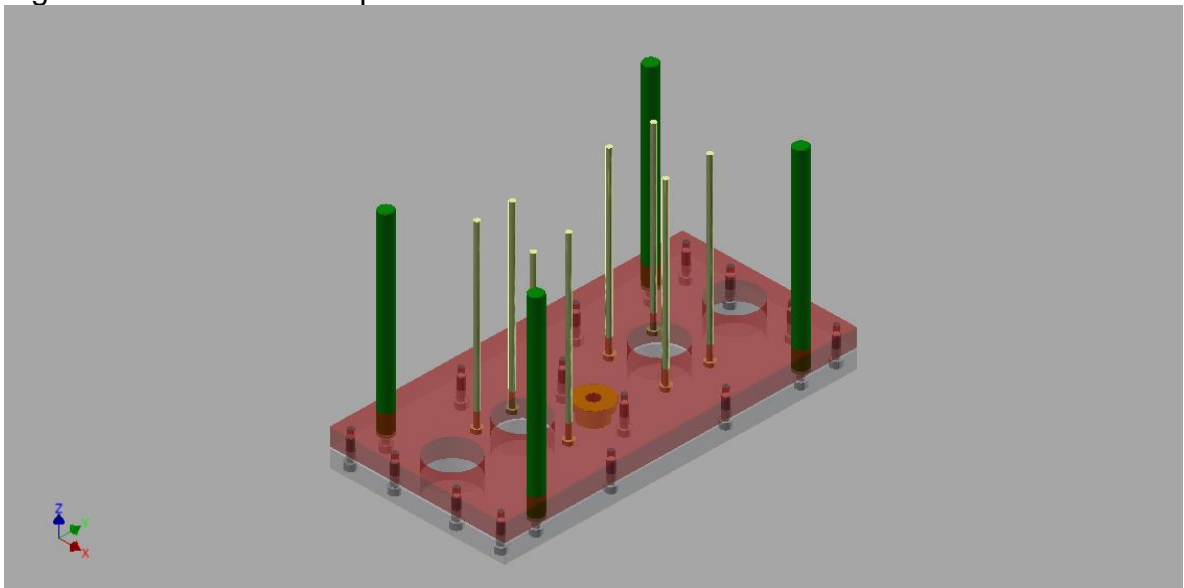
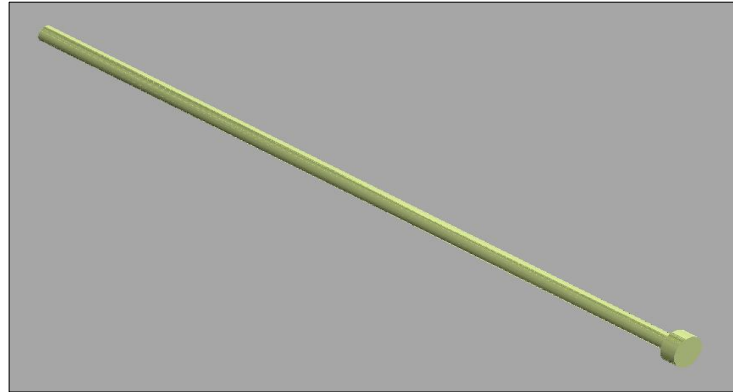
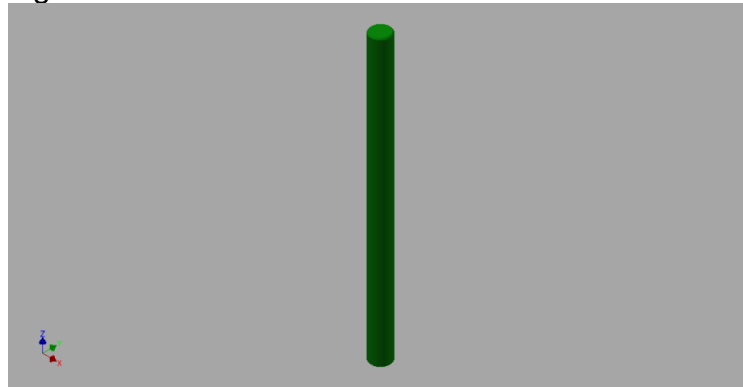


Figura 17. Pernos expulsores



Fuente: Software inventor

Figura 18. Retornador



Fuente: Software inventor

5.10 SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

“El sistema de enfriamiento es el encargado de circular el líquido atemperador que puede ser aceite o agua a través de los canales de enfriamiento que se encuentran en la cavidad y en el macho, esto con el fin de asegurar la disipación del calor acumulado por el polímero inyectado en el molde en cada ciclo de trabajo.”¹⁴

Para poder calcular la longitud que tendrán los canales de refrigeración del molde por donde fluirá el líquido atemperador es necesario haber realizado cálculos como entalpía y cantidad de calor que se va a remover, entonces;

Entalpía (H);

$$H = C_p \Delta T$$

¹⁴ BODINI, Gianni. CACCHI PESANI, Franco. Diseño y fabricación de los moldes . Moldes y máquinas de inyección para la transformación de plásticos. Tomo II. México. Negri Bossi. 1992 p. 349

Dónde;

C_p = Calor específico ($J/g^{\circ}C$)

ΔT = Cambio de temperatura ($^{\circ}C$)

Para calcular la cantidad de calor que se requiere para modificar la temperatura del polímero, que este caso es polipropileno es necesario el producto de la masa m del material por el cambio del entalpia ΔH

$$q = m\Delta H$$

La rapidez (Q) es la velocidad con la que se enfría el molde y por definición de la entalpia es;

$$q_1 = QC_p\Delta T$$

Dónde;

q_1 = Cantidad de calor que hay que remover por unidad de masa (J/g)

Q = Flujo másico del líquido de enfriamiento (g/s)

C_p = Calor específico ($J/g^{\circ}C$)

ΔT = Diferencia entre la temperatura del fundido y la del molde ($^{\circ}C$)

En el cuadro 6, se tienen propiedades como el calor a remover de diferentes materiales, por ende seleccionamos el valor de q_1 de la casilla correspondiente al polipropileno

La cantidad de calor a remover por unidad de tiempo q_2 está descrito por la siguiente ecuación;

$$q_2 = \frac{P_p * q_1}{T_t}$$

Dónde;

P_p = Peso de la cavidad en PP. Ver tabla 3, Pág. 45

T_t = Tiempo de ciclo

$$q_2 = \frac{242,48 \text{ g} * 670 \text{ J/g}}{20 \text{ seg}} = 8.123,08 \text{ J/s}$$

Cuadro 6. Propiedades térmicas

MATERIAL	TEMP. FUNDIDO (°C)	TEMP. MOLDE (°C)	ΔT	CALOR ESPECÍFICO $J kg^{-1} K^{-1}$	CALOR A REMOVER J/g
CA	210	50	160	1 700	272
PET	240	60	180	1 570	283
PMMA	240	60	180	1 900	342
PC	300	90	115	3 000	345
ABS	240	60	180	1 968	364
PS	220	20	200	1 970	394
PA 6	250	80	170	3 060	520
PA 66	280	80	200	3 075	615
LDPE	210	30	180	3 180	572
HDPE	240	20	220	3 640	801
PP	240	50	190	2 790	670

Fuente. Sánchez Saúl, Yáñez Isaura y Rodríguez Olivero. Moldeo por Inyección de termoplásticos.

En el cuadro 7 se relacionan algunos valores aproximados para los diámetros de los canales de enfriamiento según el espesor de la pieza, estos valores fueron tomados del libro moldeo por inyección de termoplásticos.

Cuadro 7. Valores para diámetros de canales de enfriamiento

ESPESOR DE LA PIEZA (mm)	DIÁMETRO DEL CANAL DE ENFRIAMIENTO (mm)
1-3	8-10
4	10-12
5	12-15

Fuente. Sánchez Saúl, Yáñez Isaura y Rodríguez Olivero. Moldeo por Inyección de termoplásticos.

“Como se tiene un espesor de pieza de 3,5 mm, la tabla sugiere unos valores de diámetro entre 8-10 mm según la bibliografía utilizada no es aconsejable utilizar canales de enfriamiento menores a 7 mm ya que son difíciles de taladrar, además de que su mantenimiento es más complejo y no son tan eficientes a la hora de enfriar el molde, es por esto que como se observa en la figura anterior el diámetro arranca desde 8 mm, que fue el que se seleccionó para los canales de enfriamiento.”¹⁵

¹⁵ BODINI, Gianni. CACCHI PESANI, Franco. Diseño y fabricación de los moldes . Moldes y máquinas de inyección para la transformación de plásticos. Tomo II. México. Negri Bossi. 1992 p.351

Con los resultados obtenidos en las ecuaciones anteriores se procede a calcular la longitud que tendrán los canales de enfriamiento;

$$L = \frac{2*d*q_2}{k*\pi*D*\Delta T}$$

Dónde;

L =Longitud total

d =Distancia entre cada canal

q_2 = Cantidad de calor a remover del plástico por unidad de tiempo

k = Conductividad térmica del acero del molde. Ver Anexo a

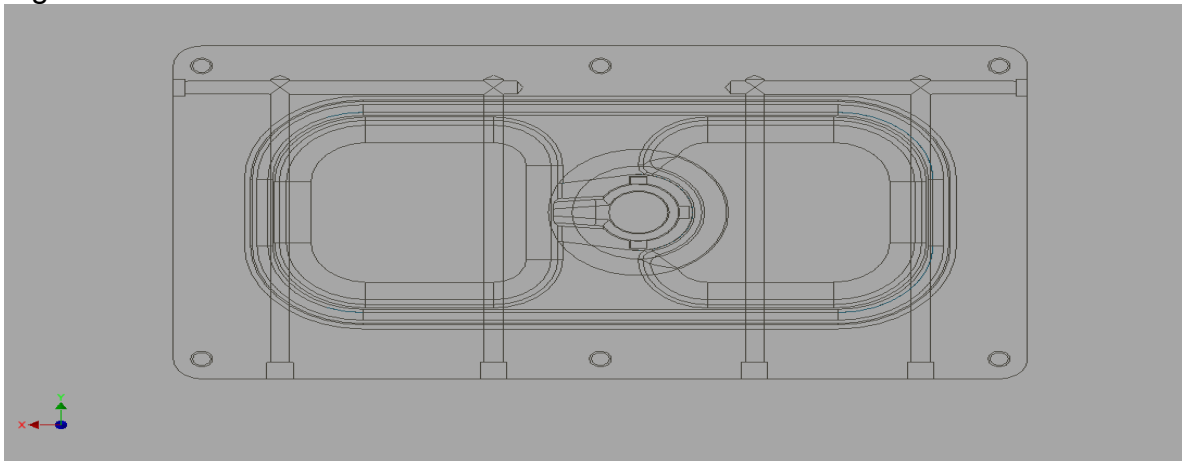
D = Diametro del canal de enfriamiento

ΔT =Diferencia de temperatura entre el fundido y el molde, Cuadro 6.

$$L = \frac{2 * 0,09m * 8.123,08 \text{ J/s}}{52 \frac{\text{J}}{\text{ms}^\circ\text{C}} * \pi * 0,008m * 190^\circ\text{C}} = 0,158 \text{ m}$$

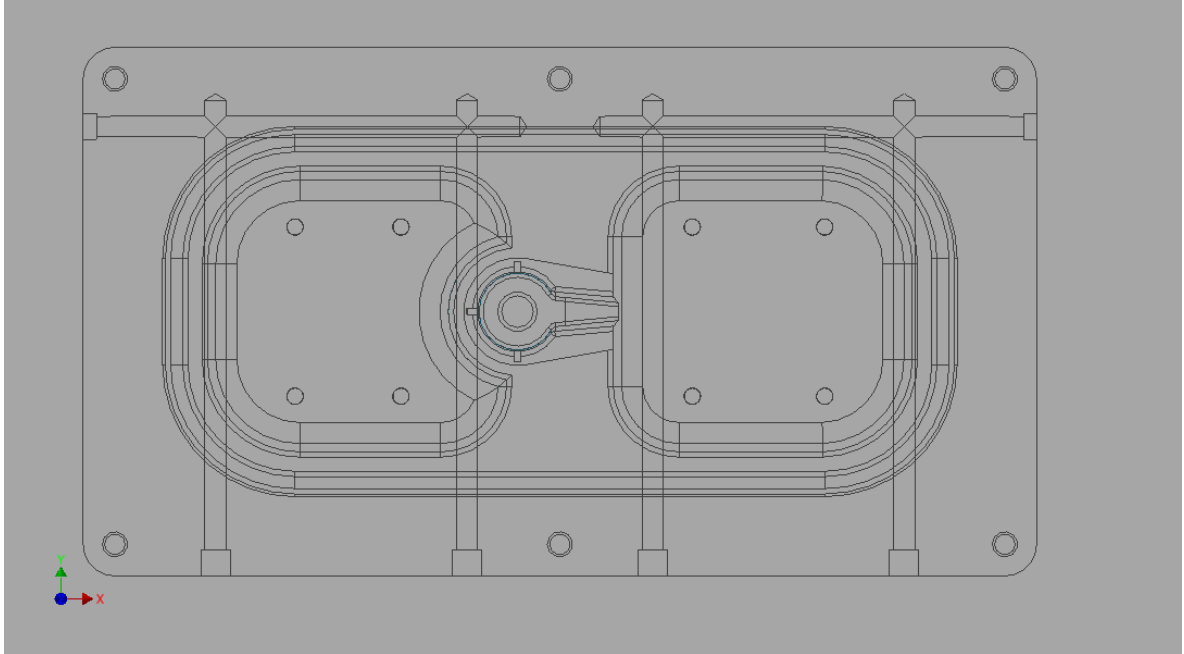
Se obtiene una longitud de los canales de enfriamiento de 158 mm, para lograr un enfriamiento homogéneo alrededor de todo el molde se decide implementar un circuito de canales de enfriamiento en serie independiente en cada placa, tanto la placa porta machos como en la cavidad.

Figura 19. Canales de enfriamiento cavidad



Fuente: Software inventor

Figura 20. Canales de enfriamiento macho



Fuente: Software inventor

Como se puede observar en la figura 19 y figura 20 existen dos circuitos en serie en forma de C los cuales poseen dos agujeros, uno por donde entra el líquido atemperador y otro por donde sale, se empleó la utilización de dos circuitos en serie independientes ya que se pudo evidenciar por medio del software MoldFlow que si se dejaba un solo circuito en serie más largo que atravesara toda la placa el enfriamiento no iba ser uniforme lo que iba a ocasionar imperfecciones en la pieza como rechupes, se emplea la utilización de tapones a los extremos para permitir que el flujo sea dirigido por los circuitos de los canales de enfriamiento, para que fuera más eficiente la refrigeración.

5.11 SALIDA DE GASES

Es muy común que se encuentre aire atrapado en las cavidades al momento de cerrar el molde, es necesario eliminar estos gases de la cavidad para evitar imperfecciones en la pieza, además de que estos gases son nocivos para el molde, por eso y para alargar la vida útil del molde y evitar aumentos de temperatura no previstos se diseña un sistema de degasificación de la placa para evitar atrapamientos de gases, llevando estos gases hacia el exterior del molde.

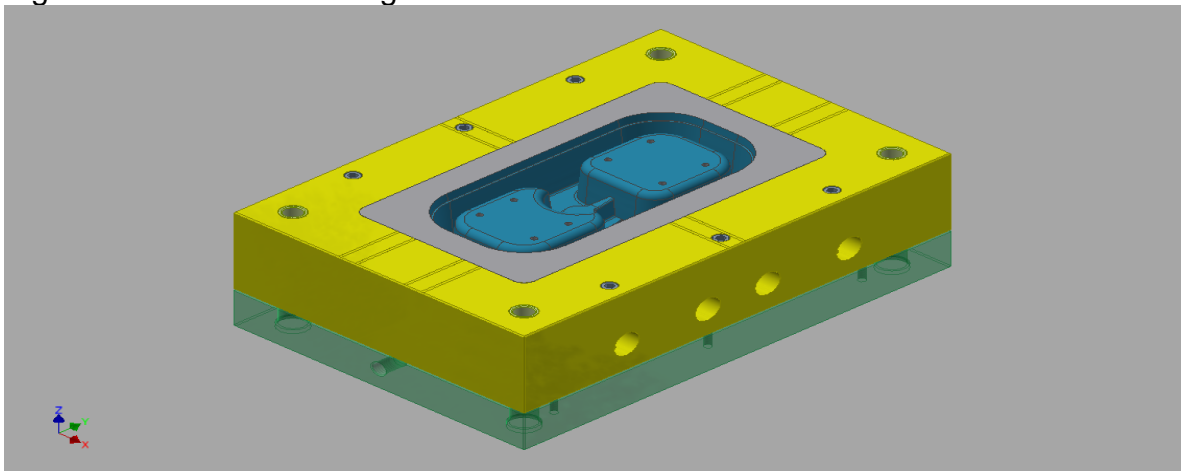
Cuadro 7. Dimensión salida de gases

MATERIAL	DIMENSION (mm)
Termoplásticos cristalinos: PP PA GR-PA POM PE	0.015
Termoplásticos amorfos: PS ABS PC PMMA	0.03
Para materiales extremadamente fluidos	0.003

Fuente. Moreno José. Moldes para inyección de plásticos.

Según el cuadro 7 para el polímero PP se recomienda una dimensión para el canal de la salida de gases de 0,015mm. Sin embargo al ver el resultado de gases atrapados en la simulación se pudo observar que la dimensión era insuficiente ya que quedaban muchos gases atrapados que ocasionaban imperfecciones en el producto final, por esto se decidió dejar una dimensión de 0,03 mm para mitigar los gases que quedan atrapados al momento de cerrar el molde. En la figura 21 se muestra la ubicación de estos canales en la placa porta machos. (la ubicación de estos canales de desgasificación vienen sujetas a la simulación realizada por Moldflow donde se evidencia gases atrapadas en puntos exactos de la pieza).

Figura 21. Canales de desgasificación



Fuente: Software inventor

5.12 TIEMPOS DE CICLO

“Es necesario calcular estos tiempos para poder tener un tiempo de ciclo total estimado, para poder calcular el tiempo total se requiere antes haber calculado el

tiempo de enfriamiento, tiempo de inyección, tiempo de plastificación y tiempo de vacío.”¹⁶

5.12.1 Tiempo mínimo de enfriamiento de moldes. El tiempo de enfriamiento es el tiempo más importante cuando se habla del acabado final de la pieza, como su nombre lo indica el tiempo de ciclo es el tiempo que le toma a la pieza solidificarse después de ser enfriada por el molde, para después ser extraída. Se calcular con la siguiente ecuación;

$$t_s = \frac{-S^2}{2\pi\phi} \ln \left[\frac{\pi(Tx - Tm)}{4(Tc - Tm)} \right]$$

Dónde;

t_s = tiempo mínimo de enfriamiento (seg)

S = Espesor mínimo de la pieza (cm)

ϕ = Difusividad térmica del material (cm^2/seg)

Tc = Temperatura a la que se extrae la pieza (°C)

Tm = Temperatura del molde (°C)

Tx = Temperatura del material fundido (°C)

Los valores de temperaturas que se requieren se obtuvieron por medio del software Mold flow al realizar una simulación del proceso de llenado, se pueden evidenciar en el cuadro 8 como se a continuación;

Cuadro 8. Características del molde

Material	
Fabricante del material	TOTAL Petrochemicals
Nombre comercial del material	Polypropylene 3620WZ
Impacto medioambiental	

Temperatura de masa fundida	210.0 (C)
Temperatura del molde	35.0 (C)
Puntos de inyección	1
Presión máxima de inyección de la máquina	180.000 (MPa)
Tiempo de inyección seleccionado	Automático
Conmutación velocidad/presión	Automático

Perfil de compactación

Aceptar Cancelar Ayuda

Fuente: Software MoldFlow

¹⁶ MORENO, José. Proceso de moldeo por inyección de plástico. Colombia:. Universidad nacional, 1997. P.150

La difusividad térmica. Ver anexo E;

$$t_s = \frac{-(0.35\text{cm})^2}{2\pi(0.7 \times 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{seg})} \ln \left[\frac{\pi(210^\circ\text{C} - 35^\circ\text{C})}{4(240^\circ\text{C} - 35^\circ\text{C})} \right] = 4,83 \text{ seg}$$

5.12.2 Tiempo de inyección. Este tiempo es el que tarda el polímero en llenar por completo la cavidad, para esto debe saberse la velocidad de inyección de la máquina y el peso de la cavidad, como no se tiene el peso de la cavidad se calcula con la siguiente ecuación;

$$P_p = V * \rho_p$$

Dónde;

P_p = Peso de la cavidad en PP

V = Volumen de la pieza inyectada. Ver Tabla 3, pág. 44

ρ_p = Densidad PP. Ver Tabla 3, pág. 44

$$P_p = 269,72 \text{ cm}^3 * 0,899 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = 242,47 \text{ g}$$

La velocidad de inyección es la rapidez con la que se va a llenar el molde, para calcularla se requiere la densidad del material y la tasa de inyección de la inyectora.

$$v_i = T_{i\text{maquina}} * \rho_p$$

Dónde;

v_i = Velocidad de inyección

$T_{i\text{maquina}}$ = Tasa de inyección de la máquina. Ver Tabla 4, pág.46

ρ_p = Densidad del PP. Ver Tabla 3, pág.44

$$v_i = 131 \frac{\text{cm}^3}{\text{seg}} * 0,899 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = 117,769 \frac{\text{g}}{\text{seg}}$$

Teniendo ya calculados la velocidad de inyección y el peso total de la cavidad se calcula el tiempo de inyección.

$$t_i = \frac{P_p}{v_i}$$

Dónde;

t_i = Tiempo de inyección

P_p = Peso de la cavidad en PP

v_i = Velocidad de inyección

$$t_i = \frac{242,47 \text{ g}}{117,769 \frac{\text{g}}{\text{seg}}} = 2,05 \text{ seg}$$

5.12.3 Tiempo de plastificación. Es el tiempo que vienen inmediatamente después de la inyección hasta que le entrada de la cavidad se solidifica;

$$t_f = \frac{P_p}{C_m}$$

Dónde;

t_f = Tiempo de plastificación

P_p = Peso de la cavidad

C_m = Capacidad de plastificación de la máquina seleccionada.

$$t_f = \frac{242,47 \text{ g}}{21,2 \text{ g/s}} = 11,03 \text{ seg}$$

5.12.4 Tiempo de vacío. Este tiempo por lo general es estándar, este dato fue suministrado por la empresa, y son 3 segundos, en este tiempo la inyectora abre y cierra el molde después de haber realizado la expulsión de la pieza.

5.12.5 Tiempo total de ciclo. El tiempo total del ciclo es el tiempo total que dura todo el proceso, desde que la inyectora introduce el polímero en el molde, hasta que este se enfría y se expulsa después de su solidificación para calcularlo se suman todos los tiempos obtenidos atrás;

$$t_t = t_i + t_p + t_f + t_s$$

Entonces;

$$t_t = 2,05 \text{ seg} + 3 \text{ seg} + 11,03 \text{ seg} + 4,83 \text{ seg} = 20,9 \text{ seg}$$

Este tiempo estimado obtenido teóricamente es un tiempo aproximado y casi concuerda con el tiempo de ciclo dado por la empresa, es decir que la maquina seleccionada y el molde cumplirá con la producción estipulada desde un principio por INSOIN SAS.

5.13 CÁLCULOS DE INYECCIÓN

5.13.1 Fuerza de cierre. “Este valor permite evaluar la máxima superficie de moldeo proyectada, para una determinada máquina, en función de la presión de inyección de la misma. INSOIN SAS cuenta con 3 máquinas en su planta de producción, como se mencionó en la parte de la selección de la maquina inyectora se seleccionó la maquina inyectora HAITAN MARS 1600II/660 ya que cumplía con los requerimientos básicos para el desarrollo de este proyecto”¹⁷

“Es muy importante calcular la fuerza de cierre ya que este dato permite tener plena seguridad de que al momento de hacer la inyección el molde no se va abrir, ya que existe algo que se llama la presión de inyección o fuerza expansiva, que en el momento de realizar el ciclo, tratara de abrir el molde.”¹⁸

Para poder garantizar que el molde no se va a abrir durante el proceso de inyección, es necesario que la fuerza de cierre sea superior a la presión de inyección, se calcula por medio de la siguiente ecuación;

$$F_c = P_i * A_p$$

Donde;

F_c = Fuerza de cierre de inyección [N]

P_i = Presión de inyección del material [N/m^2] (Ver figura 43, pág. 74)

A_p = Área proyectada [m^2]

$$F_c = 29.461,230 \text{ N/m}^2 * 0.01260141 \text{ m}^2$$

$$F_c = 37.120,122 \text{ N} = 37,12 \text{ KN}$$

Como puede observarse en el resultado obtenido, la fuerza de cierre tiene un valor de 37,12 KN y es mayor a la presión de inyección lo que garantiza que bajo ninguna circunstancia el molde intentara abrirse durante el proceso de inyección.

5.13.2 Capacidad de plastificación. Es la cantidad de material que la inyectora es capaz de plastificar por unidad de tiempo, se calcula con la siguiente ecuación;

$$C_p = \frac{P_p}{t_s}$$

¹⁷ BODINI, Gianni. CACCHI PESANI, Franco. Diseño y fabricación de los . Moldes y máquinas de inyección para la transformación de plásticos. Tomo II. México. Negri Bossi. 1992 p.341

¹⁸ BODINI, Gianni. CACCHI PESANI, Franco. Diseño y fabricación de los moldes . Moldes y máquinas de inyección para la transformación de plásticos. Tomo II. México. Negri Bossi. 1992 p.342

Dónde;

C_p = Capacidad de plastificación

P_p = Peso de la cavidad en PP

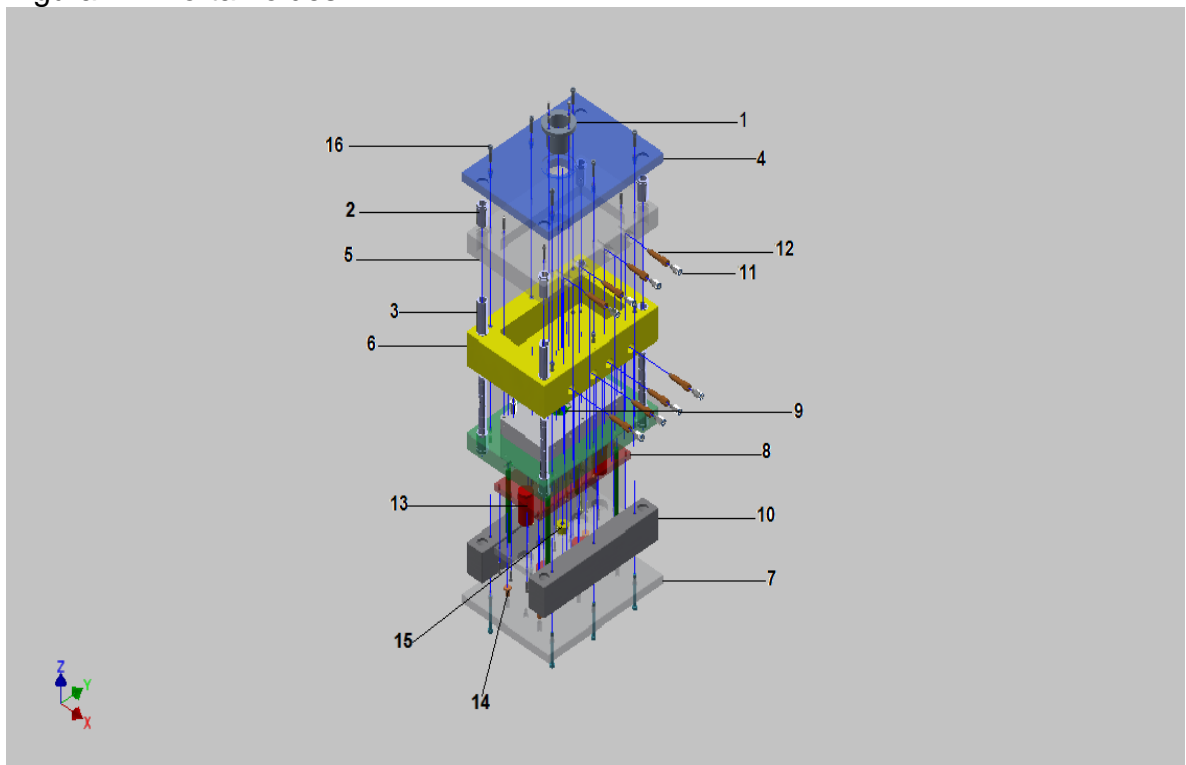
t_s = tiempo mínimo de enfriamiento

$$C_p = \frac{255,15 \text{ g}}{4,83 \text{ seg}} = 52,82 \text{ g/seg}$$

5.14 SELECCIÓN DE ELEMENTOS

Dentro del conjunto general de un molde de inyección, existe una serie de elementos de sujeción, expulsión, unión, entre otros, que juegan un papel fundamental dentro del proceso de fabricación del molde, los cuales se muestran a continuación y se pueden apreciar en la siguiente figura;

Figura 22. Portamoldes

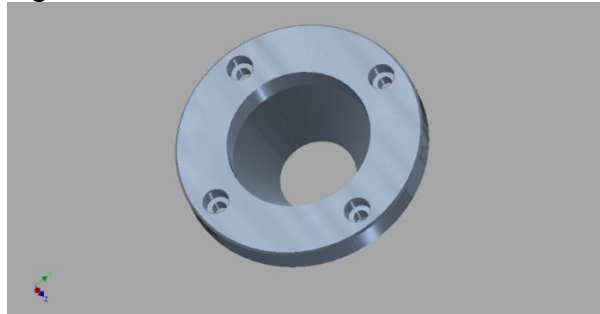


Fuente: Software inventor

5.14.1 Anillo centrador (1). Su función principal es centrar la boquilla de la inyectora con el molde de inyección además de comunicar esta boquilla con la boquilla del molde de inyección para realizar así el proceso de llenado, este anillo se diseñó cónico respecto a las medidas de la boquilla de la inyectora con el propósito de que

funcionará como tope para el torpedo de la boquilla buscando proteger el punto de inyección, además de funcionar como sello para que no halla escape de material. Se evaluaron catálogos de aceros que son utilizados generalmente para moldes de inyección, para anillo centrador se emplea un acero AISI SAE 4140 con un tratamiento térmico de temple y revenido para aumentar su dureza.

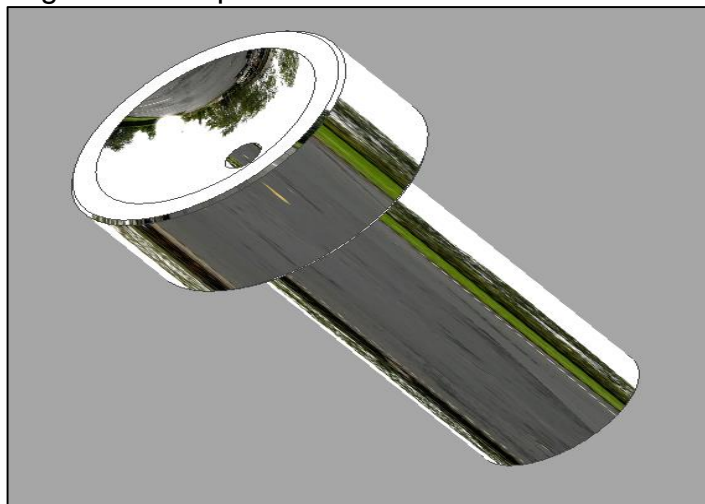
Figura 23. Anillo centrador



Fuente: Software inventor

5.14.2 Boquilla. Va conectada al anillo centrador y es la que recibe el material fundido de la máquina y lo dirige hasta el canal de distribución, esta boquilla se colocó muy cerca al punto de inyección ya que se realizó un llenado con inyección capilar para evitar el desperdicio de colada, en esta boquilla se diseñó el punto de inyección de 2 mm (el rango que se maneja para los puntos de inyección es de 1 a 2,5 mm) ya que se pudo observar en la simulación por el software MoldFlow que se lograba una confianza de llenado del 100%. Para esta boquilla se emplea un acero AISI SAE 4140 con un tratamiento térmico de temple y revenido para aumentar su dureza.

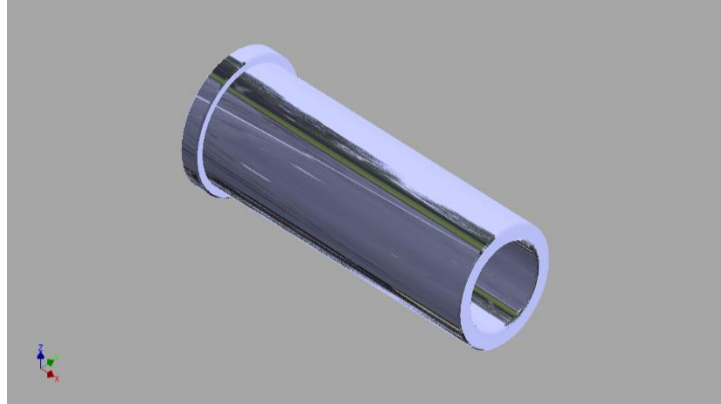
Figura 24. Boquilla



Fuente: Software inventor

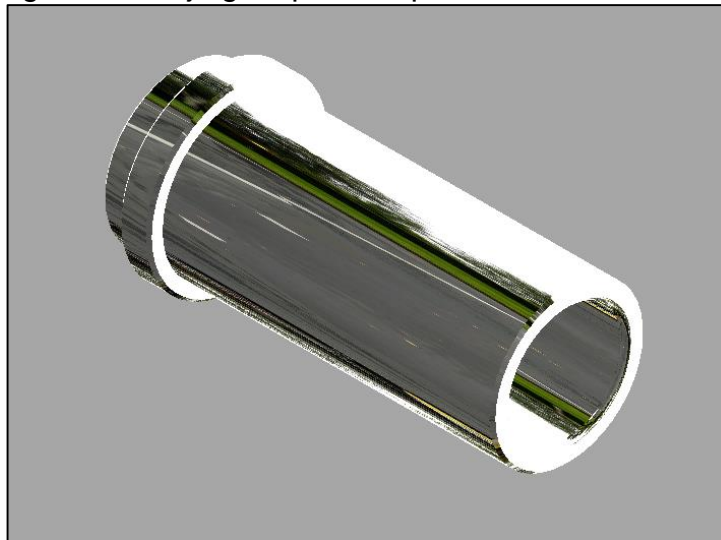
5.14.3 Bujes (2) (3). Estos elementos sirven de apoyo y se instalan para proteger a las columnas de desgaste pues están sometidos a movimiento continuo al abrirse y cerrarse el molde. En este diseño se utilizan dos para las columnas guía y uno para la placa superior que va funcionar como guía para el espigo retenedor de colada al momento de expulsar la pieza, para estos bujes se emplea un acero 709 ya que estos elementos van a estar sometidos a fricción e impacto, este acero permite ser tratado térmicamente por temple para aumentar su dureza.

Figura 25. Buje corto de columna



Fuente: Software inventor

Figura 26. Buje guía placa superior

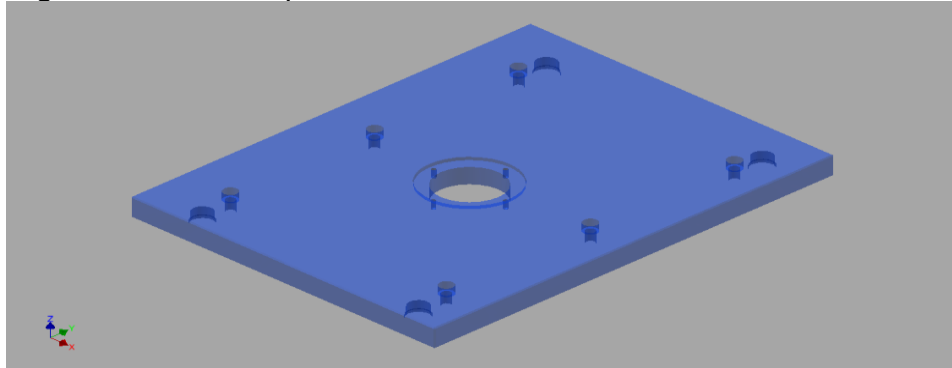


Fuente: Software inventor

Todas las placas que se verán a continuación están fabricadas en un acero AISI SAE1020 ya que estas van a soportar altas presiones y no requieren de un buen acabado superficial, como uno de los factores importantes de la empresa es los costos, cada una de estas placas se fabricó con medidas de espesores comerciales obtenidos de catálogos de axxocol (Ver anexo G Pág. 111).

5.14.4 Placa superior (4). Esta placa va funcionar como base para la placa porta cavidades, el anillo centrador, el bebedero y las cavidades.

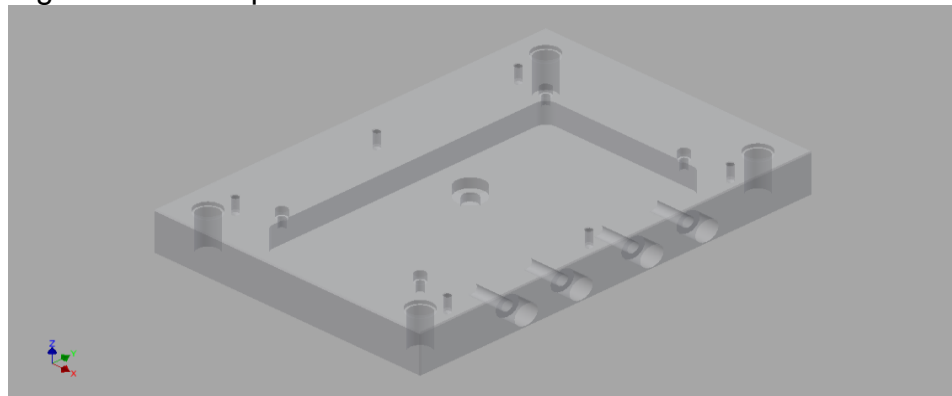
Figura 27. Placa superior



Fuente: Software inventor

5.14.5 Placa porta cavidades (5). En esta placa del molde irá colocada la cavidad.

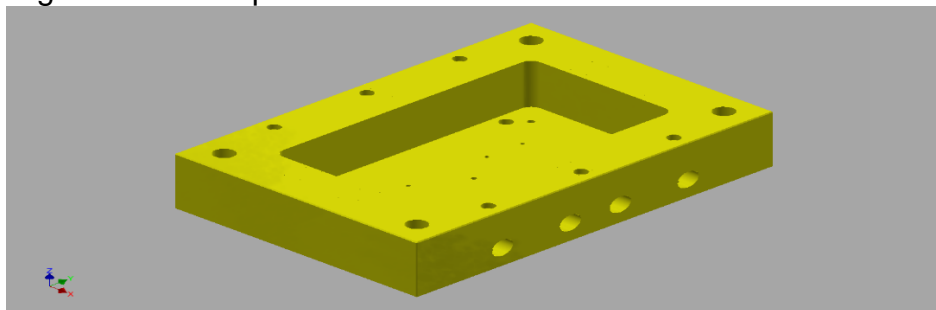
Figura 28. Placa porta cavidades



Fuente: Software inventor

5.14.6 Placa porta machos (6). En esta placa del molde irá colocado el macho.

Figura 29. Placa porta machos



Fuente: Software inventor

5.14.7 Placa inferior (7). Esta placa va funcionar como base para la placa porta machos.

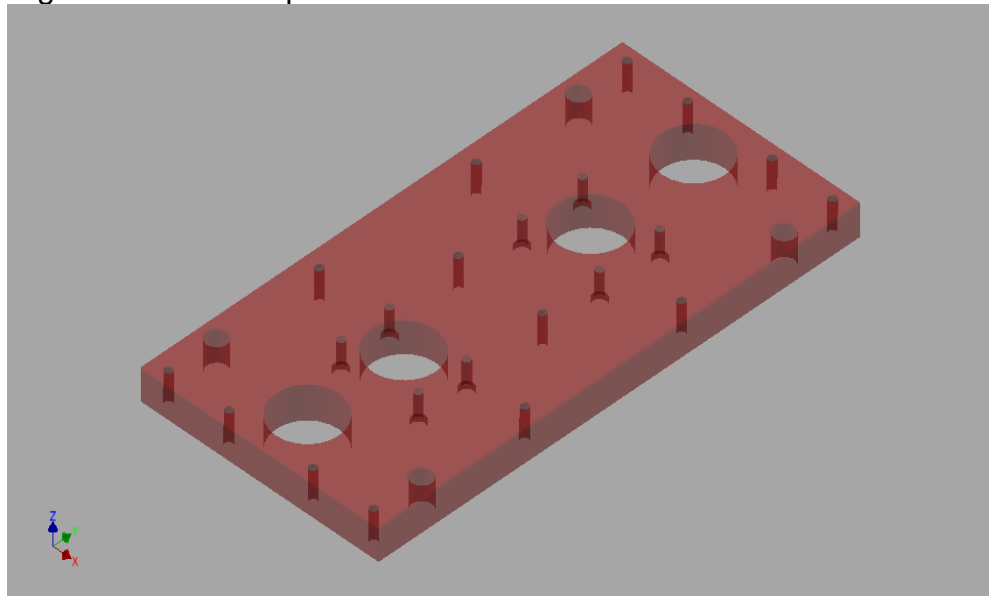
Figura 30. Placa inferior



Fuente: Software inventor

5.14.8 Placa expulsora (8). Esta placa va ser utilizada para colocar todo el sistema de expulsión, en ella van a ir los pernos expulsores que se encargaran de expulsar la pieza y el perno retenedor de colada, además en ella van a ir los retornadores que se encargaran de llevar todo el sistema de la expulsión a nivel.

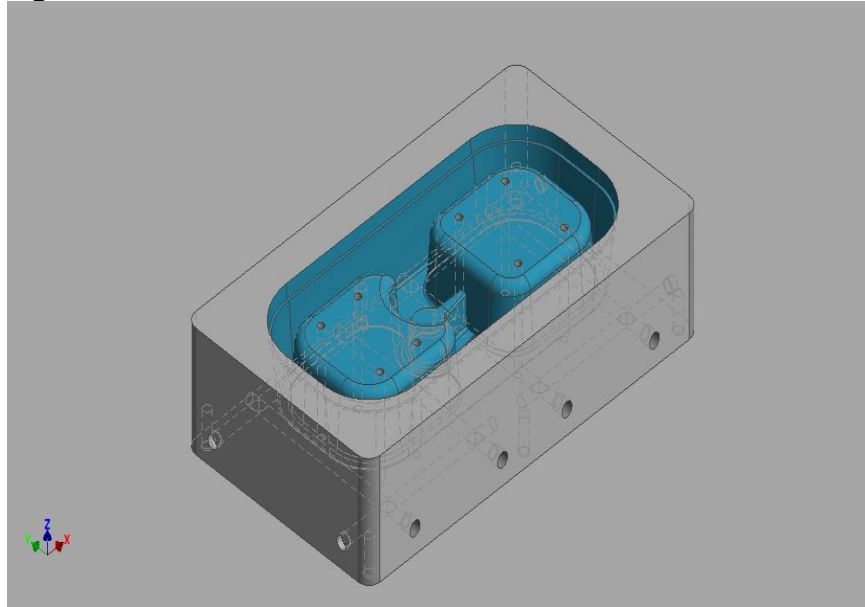
Figura 31. Placa expulsora



Fuente: Software inventor

5.14.9 Macho comedero doble (9). Es la parte del molde que va encajar con la cavidad para dar la forma del comedero

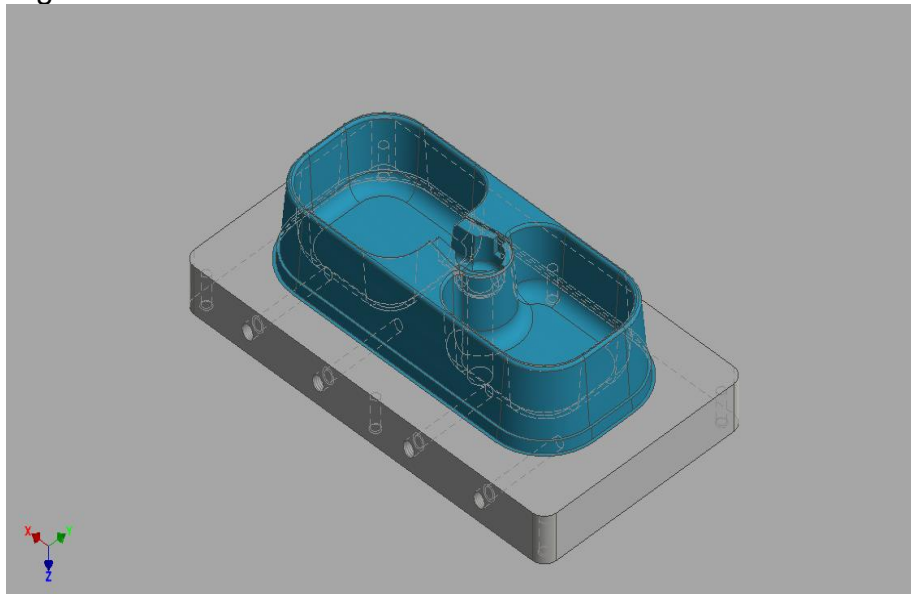
Figura 32. Macho



Fuente: Software Inventor

5.14.10 Cavidad comedero doble (9). Funciona en conjunto con el macho para dar forma al comedero

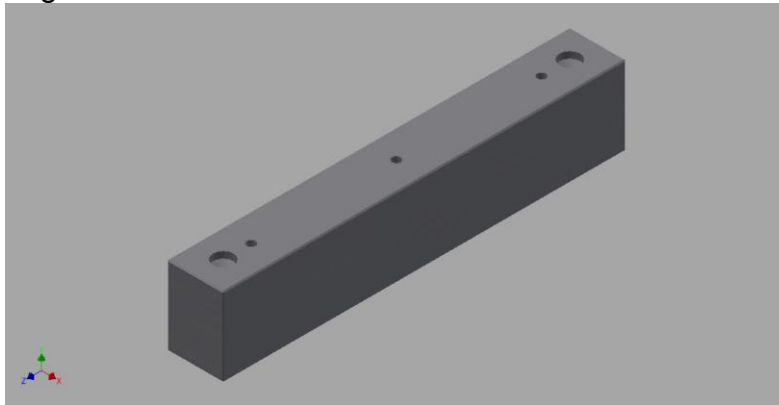
Figura 33. Cavidad



Fuente: Software inventor

5.14.11 Paralelas (10). Las paralelas se van a utilizar en el molde como un puente entre la placa inferior y la sufridera, estas se emplean para dar el espacio donde va ir instalado todo el sistema de expulsión del comedero, para que este quede flotante entre este espacio al momento de realizar la expulsión de la pieza, estas paralelas están fabricadas en un acero AISI SAE 1020 ya que van a soportar la presión que se va a ejercer al momento de que el molde este completamente cerrado.

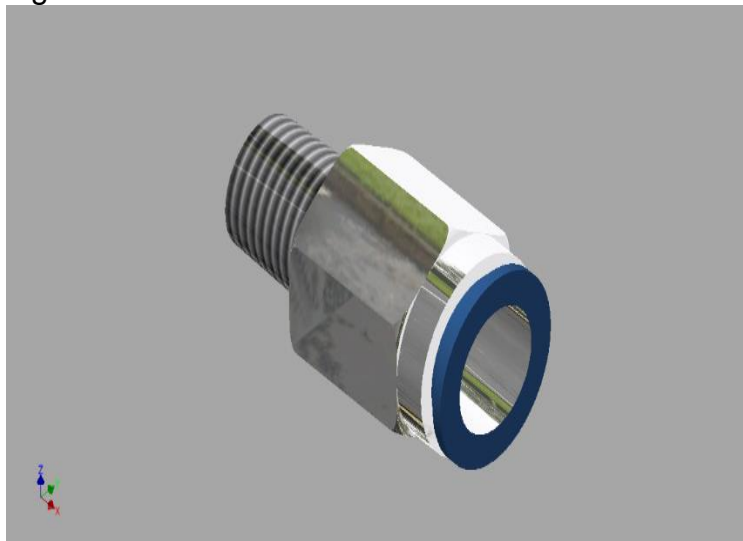
Figura 34. Paralelas



Fuente: Software inventor

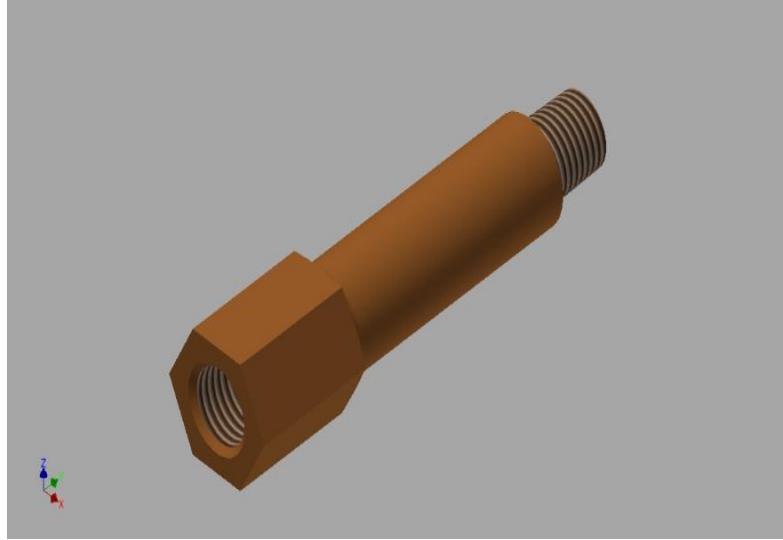
5.14.12 Racores (11) (12). Los racores son utilizados en el molde para el sistema de refrigeración, ya que estos en conjunto con extensiones van conectar directamente a los canales de enfriamiento del circuito, en ellos van a ir acopladas las mangueras por donde circulara el agua que entrada al sistema de refrigeración del molde estos racores tienen una dimensión de 1/4 NPT y vienen fabricados en bronce.

Figura 35. Racor



Fuente: Software inventor

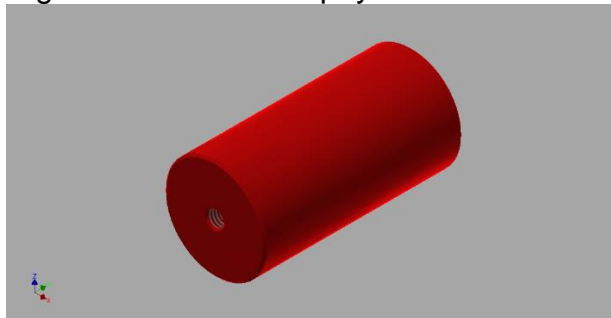
Figura 36. Extensión de racor



Fuente: Software inventor

5.14.13 Tacos de apoyo (13). Como se puede observar en el sistema de expulsión del molde hay espacios vacíos que pueden tender a pandear la placa cuando se haga la expulsión del comedero por esto es necesario utilizar tacos de apoyo que sirvan como soporte de la sufridera al momento de cerrarse el molde. Para estos tacos de apoyo se elige un acero AISI SAE 1020 que soporte las elevadas presiones ocasionadas al cierre del molde.

Figura 37. Tacos de apoyo



Fuente: Software inventor

5.14.14 Tope de carrera (14). Se sitúan en la placa base de la parte móvil, y su función es evitar daños de las placas, recibiendo el movimiento de retorno de la placa expulsora, a medida que pasa el tiempo estos topes requieren cambio ya que van perdiendo nivel y pueden ocasionar daños en las placas de expulsión, para estos topes se emplean un acero AISI SAE 1020 para soportar el golpe al retornar el sistema de expulsión.

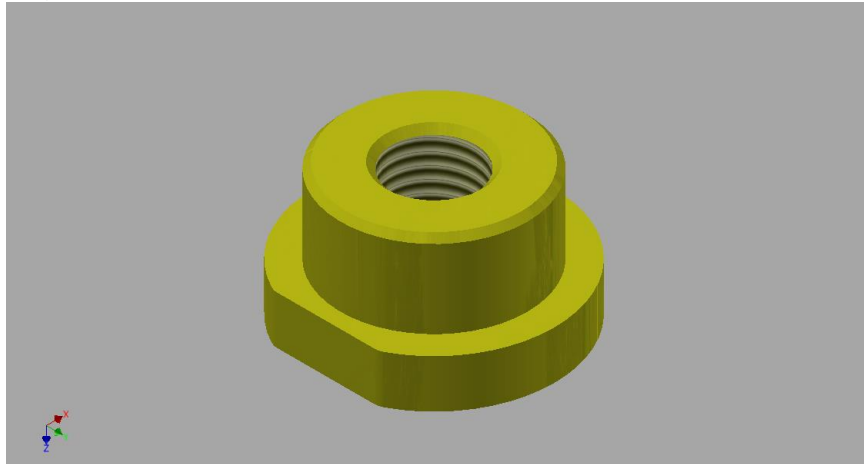
Figura 38. Tope de carrera



Fuente: Software inventor

5.14.15 Tuerca retro expulsión (15). Va conectada al vástago de la máquina, se va encargar de hacer la conexión con el vástago de expulsión de la máquina para que empuje y vuelva a contraer la expulsión, viene condicionada a las dimensiones de la tuerca de la maquina expulsora, cabe resaltar que se implementaron los retro expulsores como seguridad para que conserve el nivel. Se emplea para la tuerca de retro expulsión un acero AISI SAE 4140 con un tratamiento térmico de temple y revenido para aumentar su dureza.

Figura 39. Tuerca retro expulsión



Fuente: Software inventor

5.14.16 Tornillería (16). En los moldes de inyección se requieren tornillos para la sujeción de las placas que conforman todo el molde , es por esto que según recomendación de la empresa se utilizaron tornillos Bristol con cabeza hexagonal, a continuación se observa una lista de todos los tonillos utilizados para el molde de inyección

- ✓ T.B.C.C. de 1/4" X 5/8" 20 Hilos por pulgada UNC (6 Unidades)
- ✓ T.B.C.C. de 3/8" X 1-1/2" 16 Hilos por pulgada UNC (6 Unidades)

- ✓ T.B.C.C. de 5/16" X 1-1/4" 18 Hilos por pulgada UNC (2 Unidades)
- ✓ T.B.C.C. de 3/8" X 1-3/4" UNC (8 Unidades)
- ✓ T.B.C.C. de 3/8" X 4" UNC (4 Unidades)
- ✓ T.B.C.C. de 5/16" X 3/4" UNC (8 Unidades)
- ✓ T.B.C.C. de 5/16" X 1" UNC (16 Unidades)

Todos estos tornillos están soportando el molde y por ende están sometido a esfuerzos que se presentan, para realizar un pequeño análisis en el que se compruebe que los tornillos son los adecuados para sujetar el molde se acudió al libro Diseño de elementos de máquinas, para esto se sigue el diseño para juntas atornilladas.

Todos los tornillos están fabricados en A307 y como puede observarse en el cuadro 9 tienen un esfuerzo cortante admisible de 69 Mpa.

Cuadro 9. Esfuerzos admisibles tornillería

TABLA 20-1 Esfuerzos admisibles para tornillos		
Grado ASTM	Esfuerzo cortante admisible	Esfuerzo de tensión admisible
A307	10 Ksi (69 MPa)	20 Ksi (138 MPa)
A325 y A449	17,5 ksi (121 MPa)	44 Ksi (303 MPa)
A490	22 Ksi (152 MPa)	54 Ksi (372 MPa)

Fuente: MOTT, Robert. Diseño de elementos de máquinas.

Para verificar que los tornillos seleccionados cumplen con los requisitos necesarios para soportar el molde se utiliza la siguiente ecuación para corroborar que el esfuerzo admisible sea menor a 69 Mpa;

$$\tau_a = \frac{F}{A_s}$$

Dónde;

τ_a = Esfuerzo cortante admisible

F = Fuerza a la cual se somete el tornillo

A_s = Área superficial

Se realizó el cálculo en base a las placas más grandes y de mayor masa que son la placa superior y la inferior ya que son exactamente iguales, estas placas tienen una masa de 85,6 Kg , es decir 856N, A continuación se realiza el cálculo teniendo en cuenta las dimensiones de la tornillería.

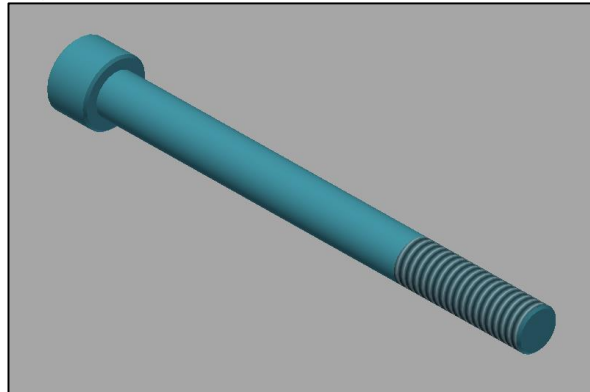
$$\tau_a = \frac{856N}{31,7 \text{ mm}^2} = 27,01 \text{ Mpa}$$

$$\tau_a = \frac{856N}{49,5 \text{ mm}^2} = 17,29 \text{ Mpa}$$

$$\tau_a = \frac{856N}{71,3 \text{ mm}^2} = 12,06 \text{ Mpa}$$

Analizando los resultados obtenidos se puede verificar que la tornillería escogida cumple a cabalidad con lo buscado para la sujeción del molde, ya que como puede observarse en el cuadro 9 el esfuerzo cortante admisible para un acero A307 es de 69MPa, y en la situación más crítica se puede evidenciar un esfuerzo admisible máximo de 27,01 Mpa.

Figura 40. Tornillos



Fuente: Software inventor

6. SIMULACION

El desarrollo de métodos de cálculo numérico por ordenador y la aparición de ordenadores cada vez más potentes, está permitiendo la implementación cada vez más extensiva de técnicas CAD/CAE para el cálculo y diseño de piezas de plástico.

Para verificar que el diseño desarrollado fue el correcto y que los componentes seleccionados satisfacen los parámetros establecidos se realiza un análisis por el método de elementos finitos. Obteniendo una serie de resultados que servirán como soporte para demostrar que todos lo sistema diseñados para el molde son los adecuados.

Se requieren de unos parámetros básicos para poder realizar todo el proceso de la simulación en el software Mold Flow Adviser, en la figura 41 se pueden observar;

Figura 41. Parámetros Básicos

General	
Nombre del estudio	molde_20comedero_20doble_5fcomedero_20doble_5fmp_2eipt_shrink.sdy
Ubicación del estudio	D:\DISEÑO\Escritorio\2015\MOLDE COMEDERO\AIT\Mold\Moldflow\molde_20comedero_20doble_2Eiam\molde_20comedero_20doble_5fcomedero_20doble_5fmp_2Eipt_shrink.sdy
Nombre de la pieza	molde_20comedero_20doble_5fcomedero_20doble_5fmp_2Eipt_shrink
Idoneidad del modelo	El modelo importado tiene paredes finas; es adecuado para el análisis Dual-Domain.
Resolución del análisis	Predeterminado

Material	
Fabricante del material	TOTAL Petrochemicals
Nombre comercial del material	Polypropylene 3620WZ
Impacto medioambiental	

Inyección	
Temperatura de masa fundida	210.0 (C)
Temperatura del molde	35.0 (C)
Puntos de inyección	1
Presión máxima de inyección de la máquina	180.000 (MPa)
Tiempo de inyección seleccionado	Automático
Conmutación velocidad/presión	Automático

Perfil de compactación

Aceptar Cancelar Ayuda

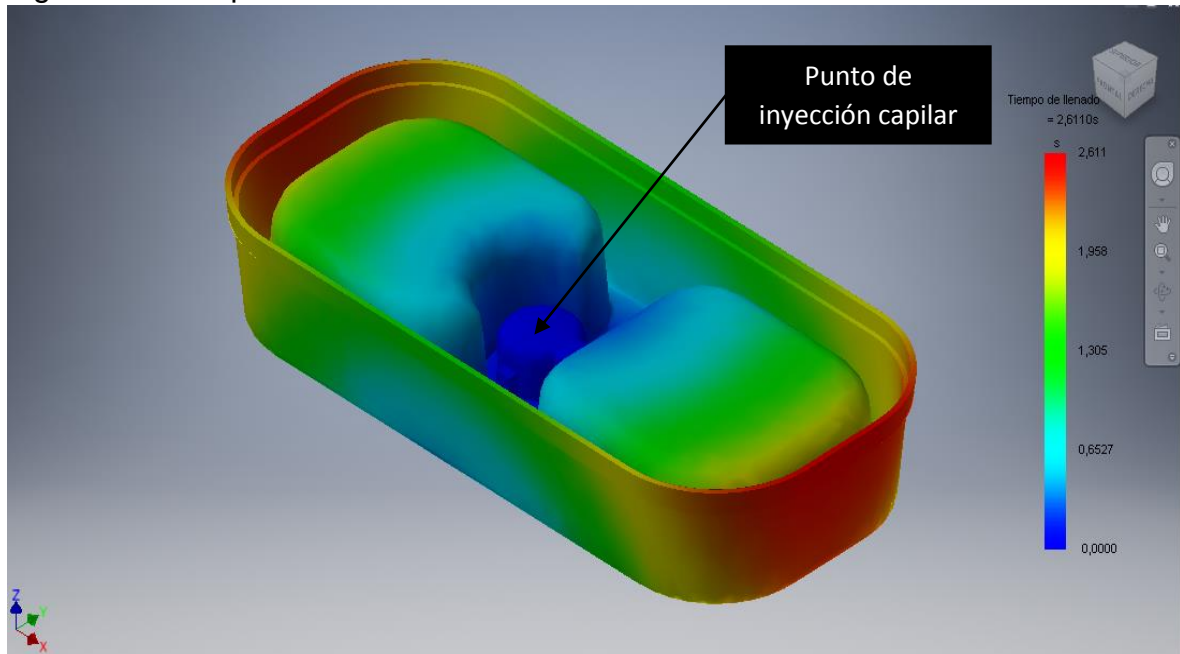
Fuente: Mold Flow

6.1 TIEMPO DE LLENADO

El tiempo de llenado como su nombre lo indica es el tiempo que se demora en llenar toda la cavidad del molde, este tiempo de inyección viene condicionado a la capacidad de la máquina, a la cavidad del molde y al tipo de material que se va a inyectar, en la simulación se obtiene un tiempo de llenado aproximado de 2,61 segundos.

Como se puede observar en la figura 42 el material entra a la cavidad por medio de un punto de inyección capilar ubicado en todo el centro de la pieza, la zona azul muestra el material ingresando a la cavidad, y la zona roja muestra la parte donde el material llena por completo la cavidad.

Figura 42. Tiempo de llenado

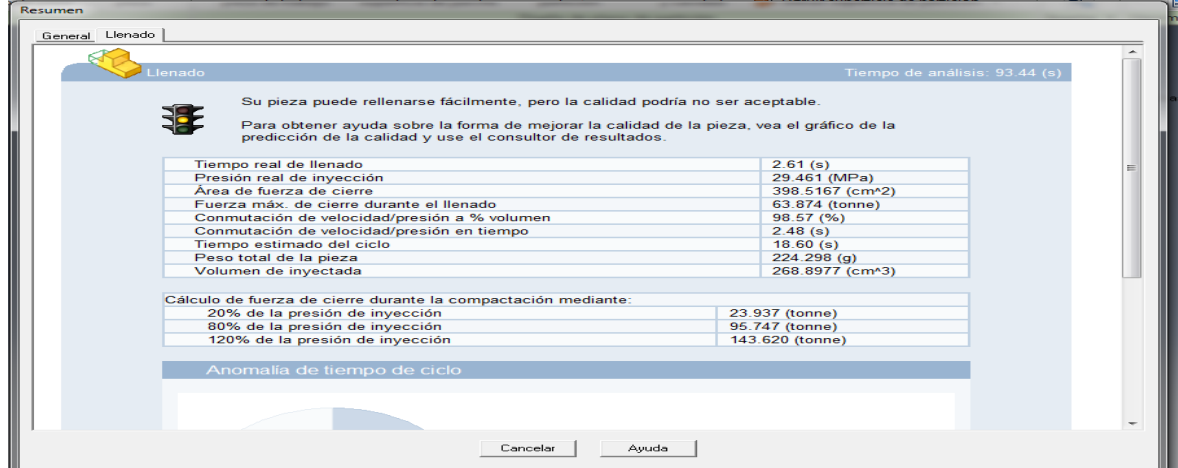


Fuente: Mold Flow

6.2 PRESIÓN DE INYECCIÓN

Según el software Mold Flow se obtuvo una presión de inyección al interior del molde de 29,46 Mpa, es decir que la presión que se requiere para que toda la cavidad quede llena es de 29,46 Mpa, teniendo en cuenta esta presión se verifica la presión máxima que tiene la maquina inyectora la cual es de hasta 238 Mpa (Ver tabla 4 Pág. 45) lo que quiere decir que la maquina tiene la capacidad suficiente para llenar por completo la cavidad del molde, es decir que no habrán problemas de llenado de la cavidad. Los datos obtenidos por el software se pueden ver en la figura 43;

Figura 43. Presión de Inyección

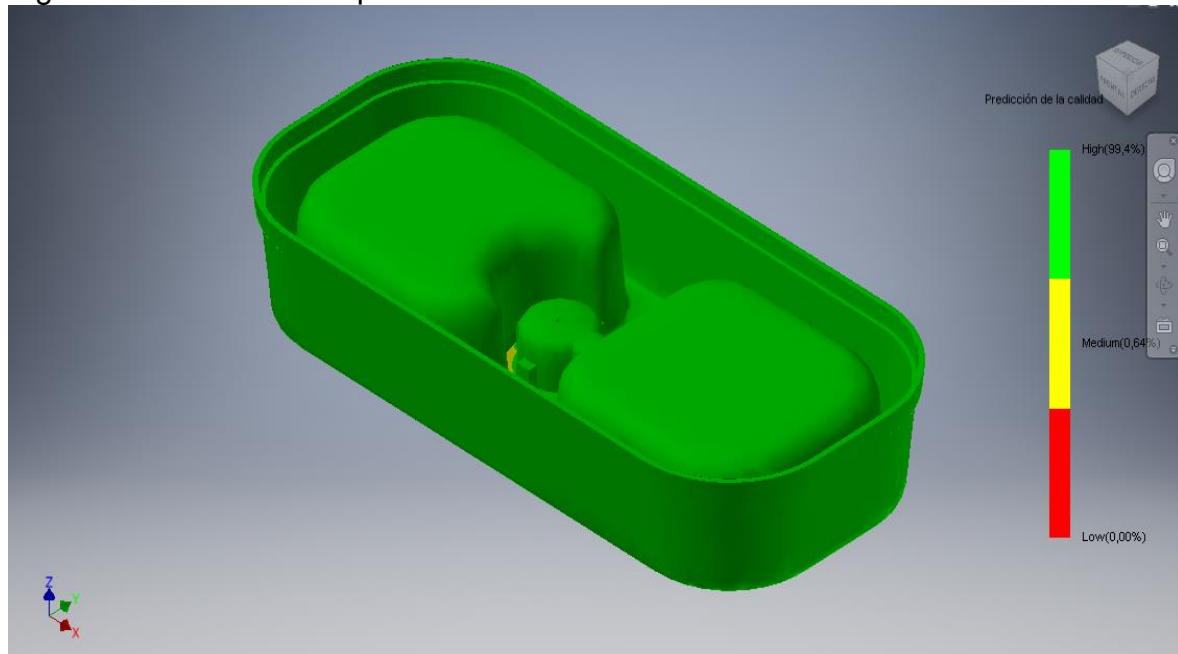


Fuente: Mold Flow

6.3 CALIDAD DE LA PIEZA

La calidad de la pieza viene sujeta al punto de inyección y al sistema de alimentación que se seleccionó para el molde, como se puede observar en la figura 44 se obtuvo una calidad de 99,4 % el cual corresponde a la zona verde, y tan solo un 0,64 de calidad media, estas zonas de calidad media se pueden observar que se encuentran en donde va la adaptación de la botella para el comedero, esto se debe a la geometría que hay en esta zona específicamente.

Figura 44. Calidad de la pieza

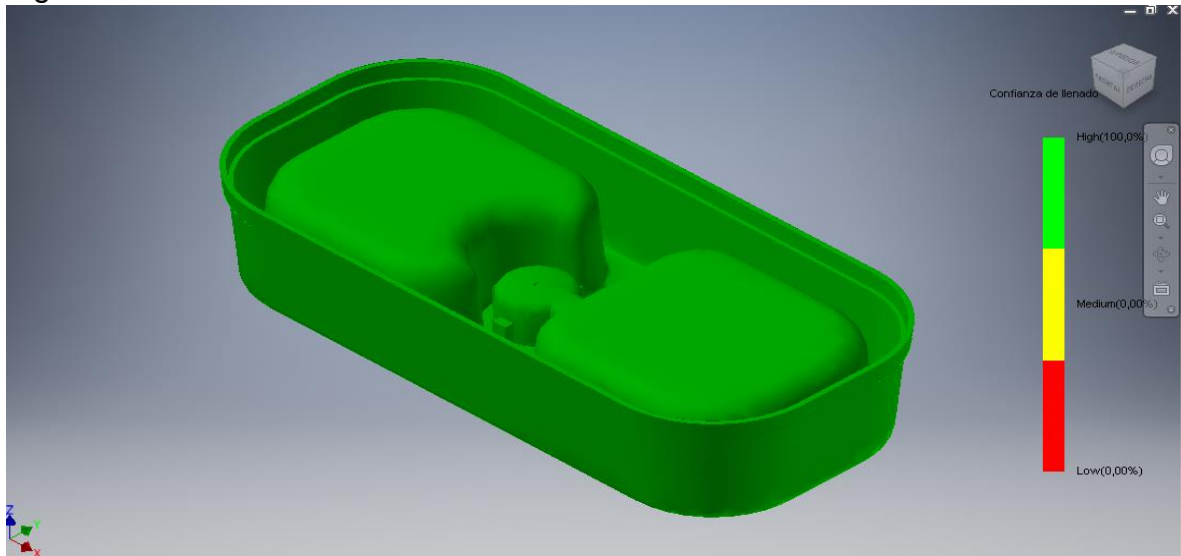


Fuente: Mold Flow

6.4 CONFIANZA DE LLENADO

Como se puede observar en la figura 45 hay una confianza de llenado de 100% esto se logró debido al sistema de inyección que se escogió para el molde teniendo en cuenta la geometría de la pieza, el cual fue inyección capilar con precámara, en donde el punto de inyección capilar se encuentra en todo el centro de la pieza, es por esto que el llenado se realiza uniformemente hacia los dos compartimientos del comedero logrando así una confianza de llenado completa.

Figura 45. Confianza de llenado

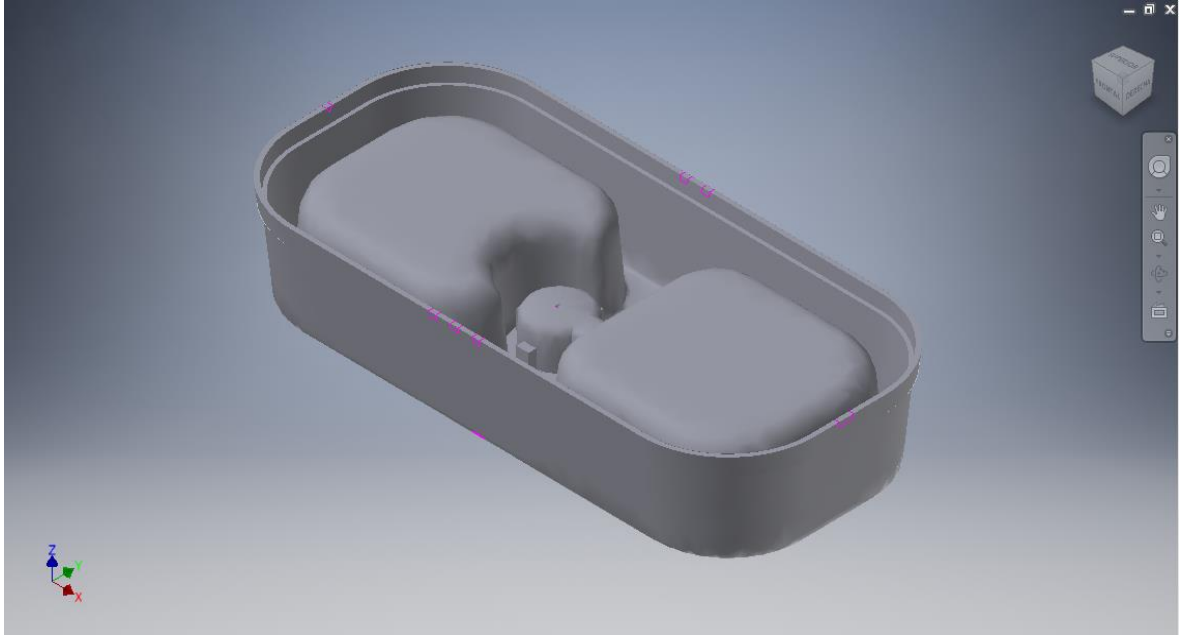


Fuente: Mold Flow

6.5 GASES ATRAPADOS

Como puede observarse en la figura 46 el atrapamiento de gases (líneas color rosa) es muy mínimo, sin embargo para mitigar los gases atrapados aún más, se ubicaron canales de desgasificación en las zonas donde se puede evidenciar aire atrapado, ya que esto puede ser muy nocivo para el molde con el paso del tiempo además de afectar la calidad final de la pieza.

Figura 46. Gases atrapados



Fuente: Mold Flow

6.6 LINEAS DE UNION

Estas línea de unión son las líneas donde se une el polímero que está llenando la cavidad, es muy importante tener en cuenta en donde se producen estas uniones, ya que pueden indicar que en esa zona existe un debilitamiento del material, lo que quiere decir que en esa parte el material puede romperse, para minimizar estas líneas de unión deben tenerse en cuenta alguno de estos aspectos que son la presión de inyección de la máquina, el sistema de alimentación de la cavidad y los gases atrapados

Según el resultado obtenido las líneas de unión no se encuentra en zonas donde el comedero vaya a soportar peso, por lo que no se consideran críticas.

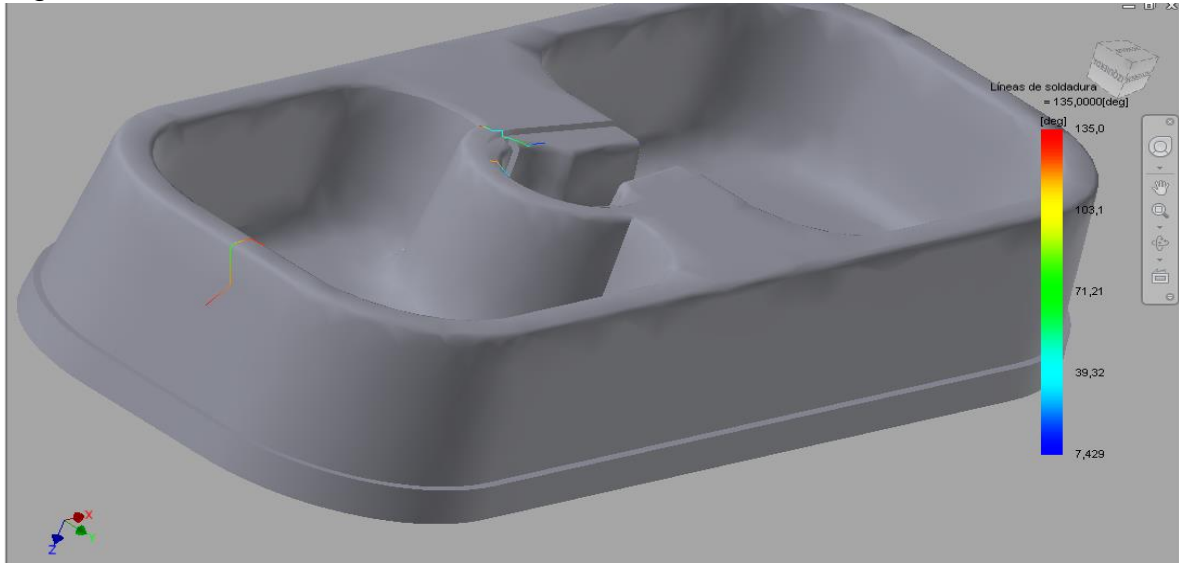
Figura 47. Líneas de unión



Fuente: Mold Flow

Como puede observarse en la figura 48 no se presentan muchas líneas de unión en el agujero donde va ir el acople para poder adaptar la botella que dosificara agua al comedero, por eso no se considera perjudicial para el molde las líneas de unión obtenidas, esto soporta que el punto de inyección que se empleó para el molde es el adecuado.

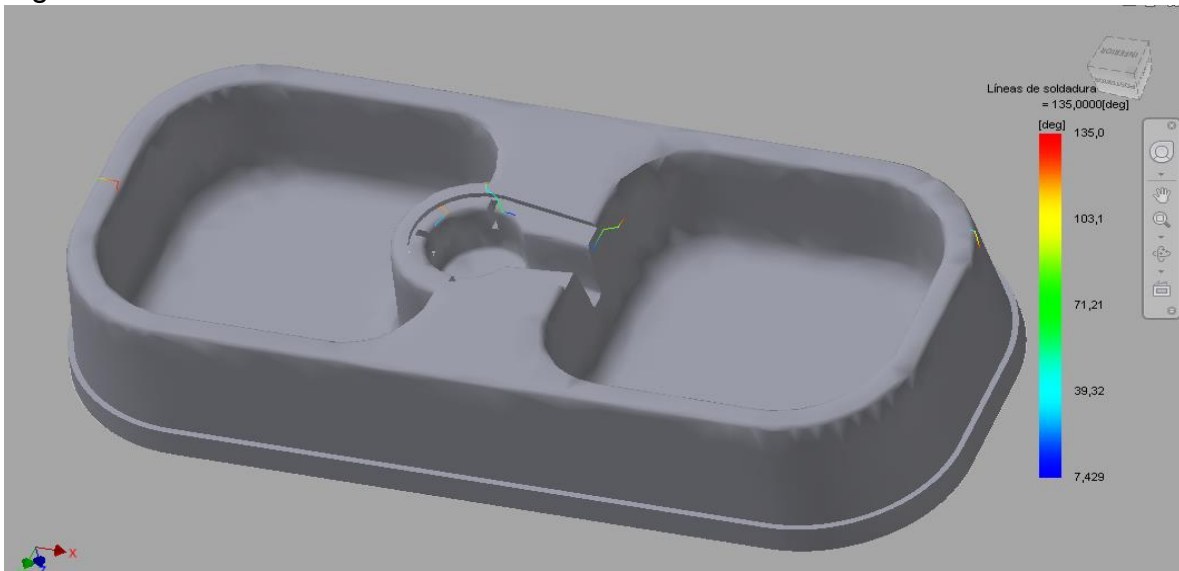
Figura 48. Líneas de unión



Fuente: Mold Flow

Como puede observarse en la figura 49 se presentan líneas de unión a los lados del molde, estas líneas de unión no comprometen la resistencia mecánica del molde ya que no se encuentran perpendiculares al agujero, lo que quiere decir que no se presentara pandeo de la pieza, sin embargo para mitigar el efecto de las líneas de unión en esa parte se diseñó un sistema de desgaseificación del molde esto con el fin de evitar atrapamiento de gases en la pieza que puedan ocasionar imperfecciones en la misma.

Figuras 49. Líneas de unión



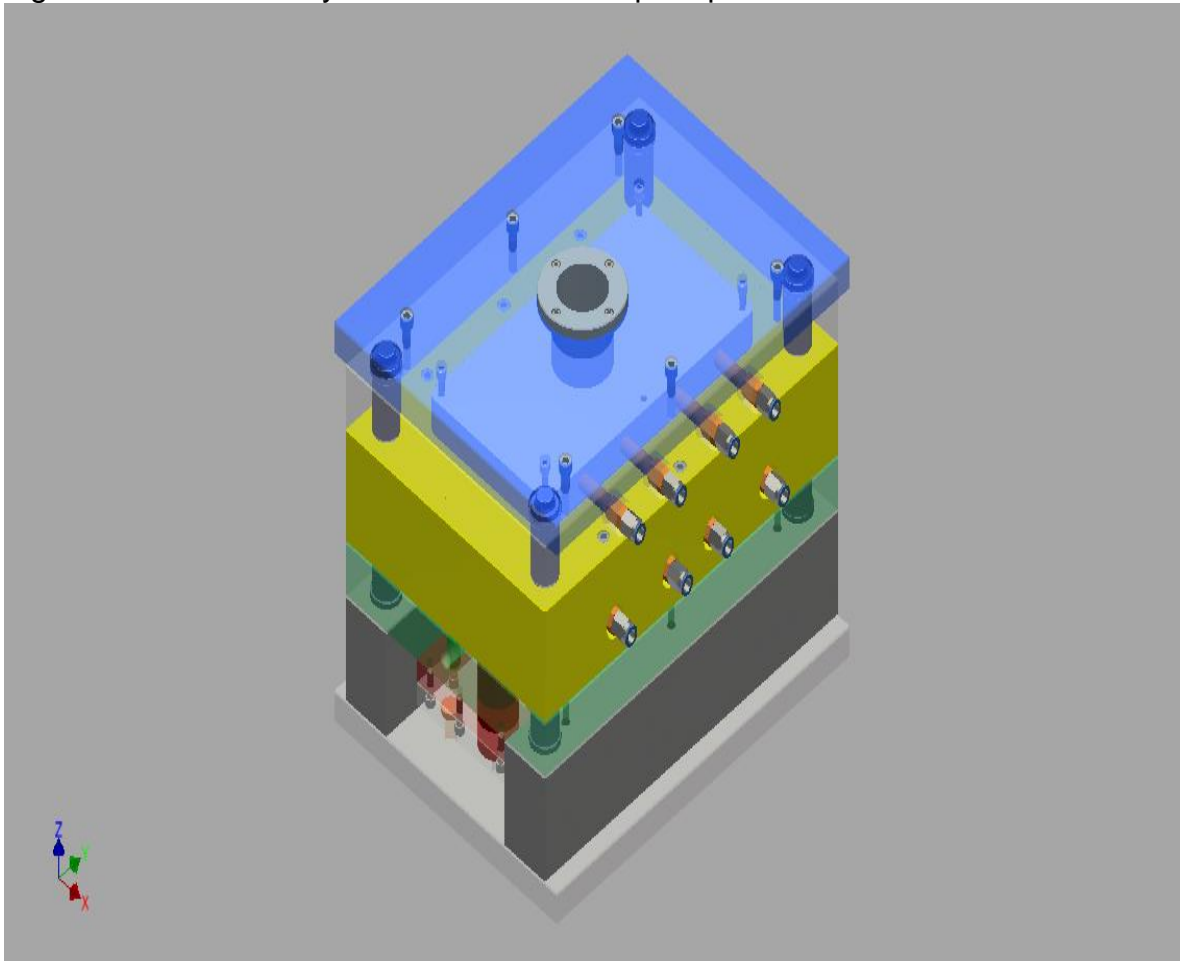
Fuente: Mold Flow

7. MANUALES

En este capítulo se exponen los manuales de montaje y operación del molde de inyección, se diseñan con el propósito de instruir y facilitar la manipulación del molde a la persona que se va a encargar de éste, ya que se busca que haya por parte del operador una correcta manipulación del molde con el fin de garantizar una vida útil más larga y un correcto funcionamiento de éste. Se presenta a continuación unos datos iniciales importantes como lo son el peso, el material del molde, el tipo y el material a inyectar.

7.1 FICHA TÉCNICA DEL MOLDE

Figura 50. Molde de inyección de comedero para perros



✓ Peso del molde: 340 Kg

✓ Materiales del molde: Acero P20, AISI SAE 1020, AISI SAE 4140, SAE 703

- ✓ Tipo de molde: Molde de dos placas
- ✓ Material a inyectar: Polipropileno (PP)
- ✓ Dimensiones;

Figura 51. Dimensiones generales del molde

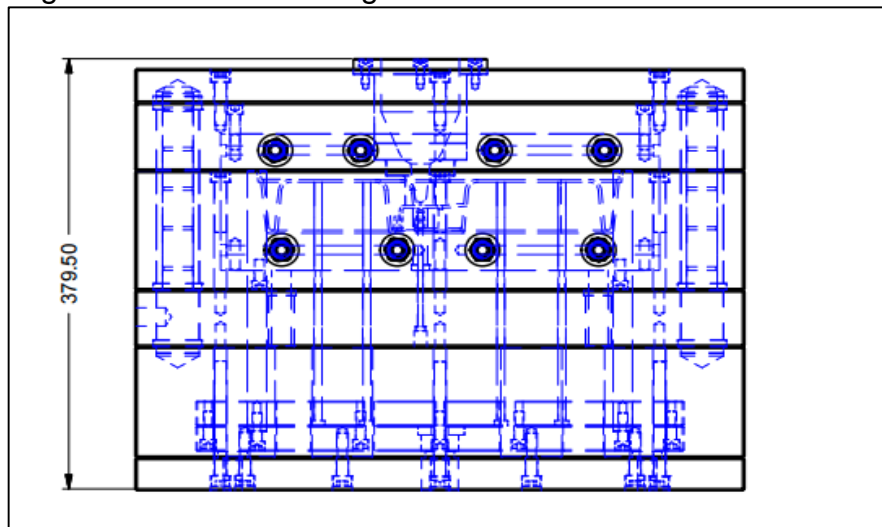
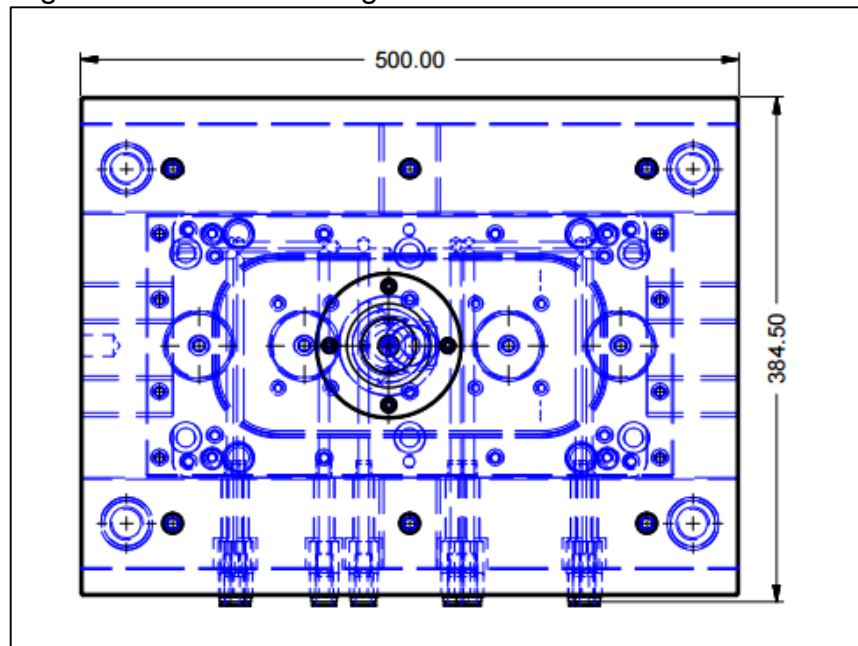


Figura 52. Dimensiones generales del molde



- ✓ Refrigeración: La refrigeración en el molde se hará por medio de canales de enfriamiento colocados respectivamente en dos circuitos en serie, los cuales

refrigeraran tanto el macho como la cavidad para lograr así una refrigeración más eficiente.

- ✓ Esquema canales de enfriamiento;

Figura 53. Canales de enfriamiento cavidad

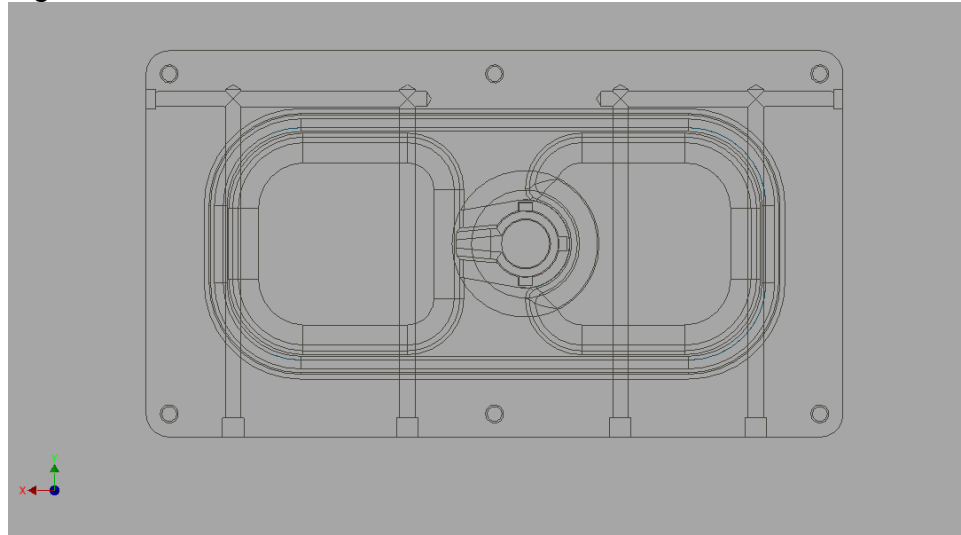
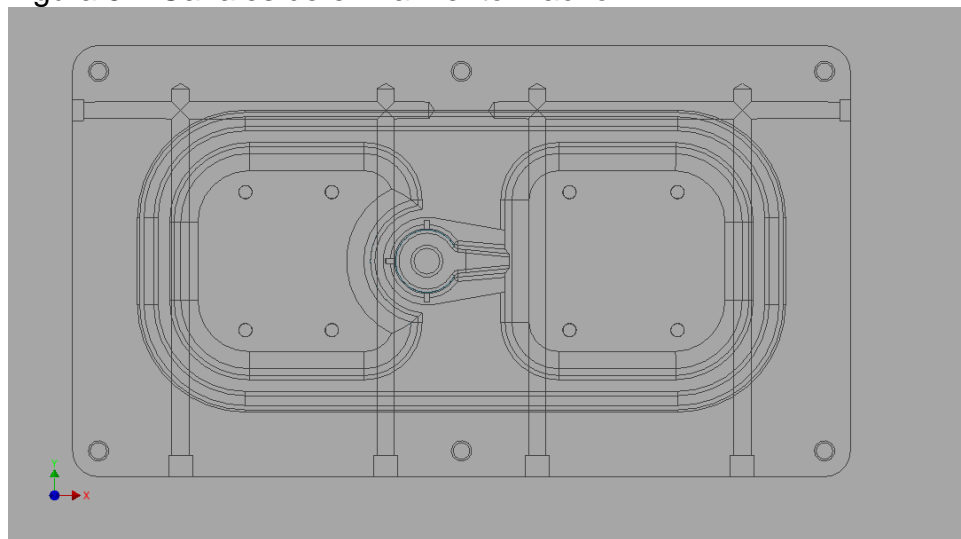


Figura 54. Canales de enfriamiento macho



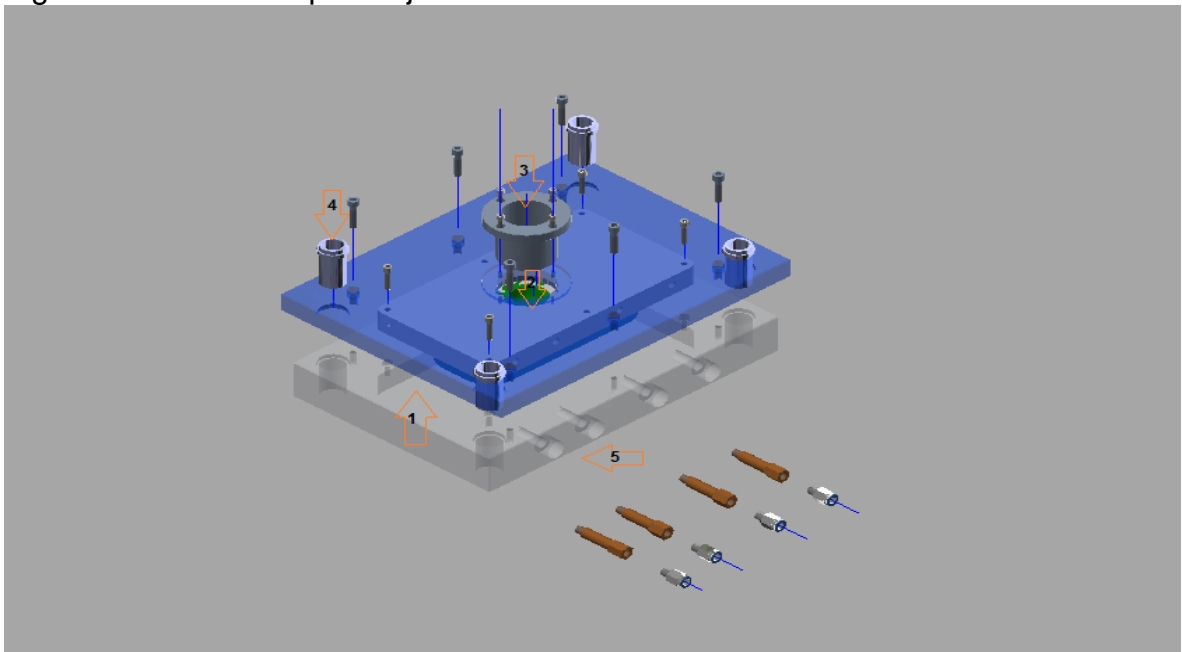
- ✓ El líquido atemperador que se va a emplear para la refrigeración es agua enfriada por medio de una torre de enfriamiento, este líquido fluirá por los canales de enfriamiento que tienen un diámetro de 9 mm ya que como se vio experimentalmente por medio del Mold flow son los que realizan de forma más homogénea el enfriamiento del molde.

7.2 MANUAL DE ENSAMBLE

Se presentan a continuación una serie de pasos que servirán como guía para el operador que vaya a realizar el ensamblaje del molde, además de que el molde tenga una correcta manipulación a la hora de montar y desmontar de la maquina inyectora esto con el propósito de garantizar un óptimo funcionamiento del molde.

7.2.1 Ensamble parte fija. La parte fija es la parte que siempre está anclada a la boquilla de la maquina inyectora, esta parte fija la conforman la placa superior, placa porta cavidades, la placa de la cavidad, boquilla, anillo centrador, racores para refrigeración y tornillería.

Figura 55. Ensamble parte fija



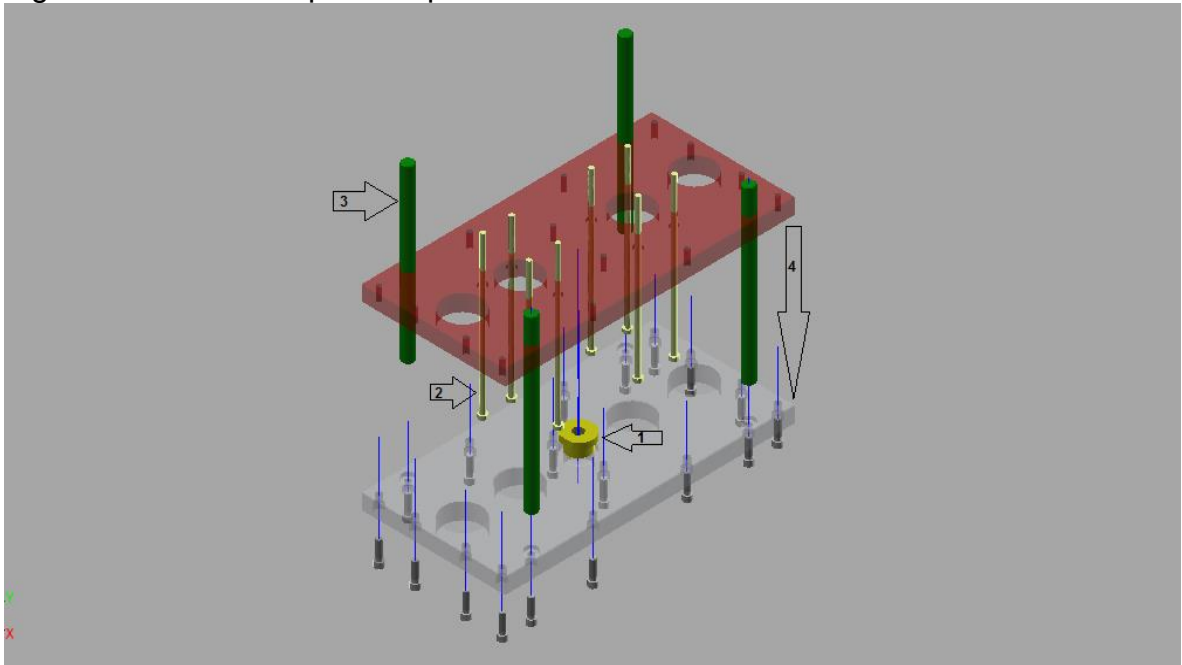
Fuente: Inventor

- ✓ Primero, debe anclarse la placa de la cavidad con la placa portacavidades, esto se hace por medio de tornillos de 3/8. que aseguran las dos placas
- ✓ Segundo, el bebedero se inserta a presión dentro de la placa superior y porta cavidades para así verter el material
- ✓ Tercero, se inserta el anillo centrador y se sujeta con la ayuda de los tornillos, este anillo centrador se encargará de posicionar la boquilla de la inyectora con el bebedero

- ✓ Cuarto, se insertan los bujes guías donde irán colocadas las cavidades que guiarán las posiciones de la placa superior y la placa portacavidades, todo se sujeta por medio de tornillos.
- ✓ Quinto, para finalizar, se insertan los racores de acople rápido y las extensiones de racores que van a servir para adaptar las mangueras con las que se alimentará el sistema de refrigeración que irá a la cavidad

7.2.2 Ensamble placa expulsora. Este ensamble consta de dos placas expulsoras, una inferior y otra superior en estas dos placas irán alojados los pernos expulsores y los retornadores de 5/8, así como el anillo centrador y el perno retenedor de colada;

Figura 56. Ensamble placa expulsora



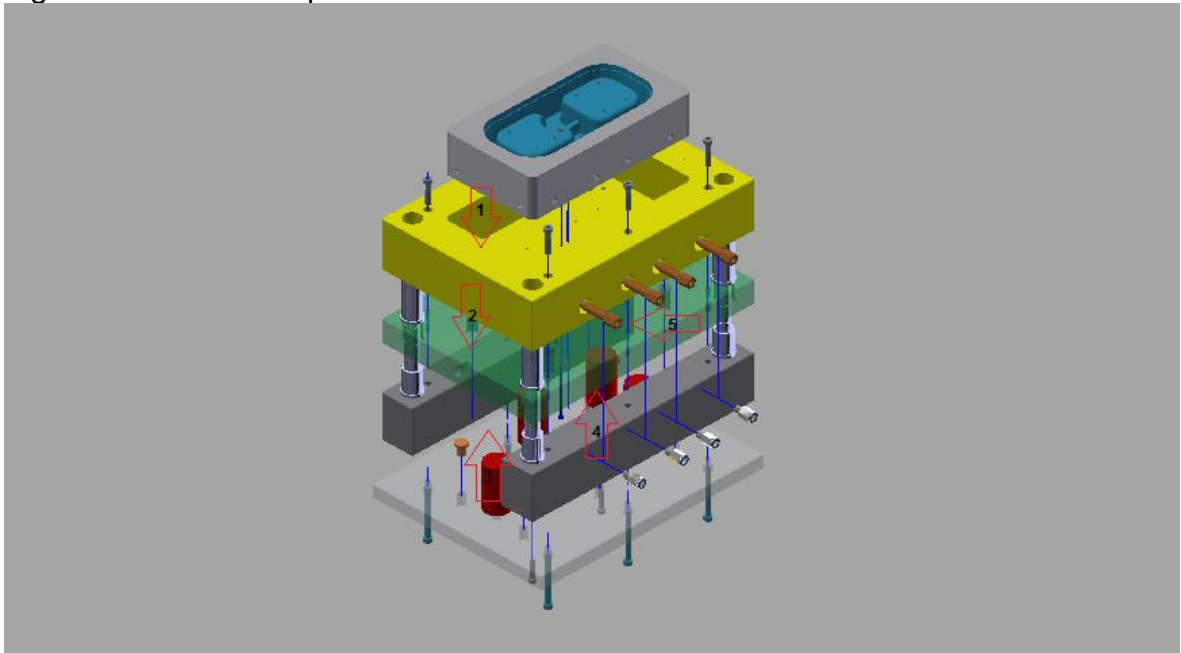
Fuente: Inventor

- ✓ Primero, debe armarse todo el conjunto inferior del sistema de expulsión, acoplando la tuerca de retro expulsión, el buje y el retenedor de colada a la placa expulsora inferior, esto para evitar que hayan fugas del polímero
- ✓ Segundo, se insertan los expulsores de las cavidades a la placa expulsora inferior como se puede observar consta de 4 expulsores a cada lado con el fin de evitar que quede material pegado al momento de la expulsión
- ✓ Tercero, se colocan los retornadores de 5/8" que van a ayudar a sujetar todo el sistema de expulsión y a garantizar que al momento de hacerse la expulsión siempre llegue al mismo nivel

- ✓ Cuarto, por último, se debe cerrar todo el subconjunto por medio de la placa expulsora superior y luego debe ajustarse con tornillos , verificando que todo en el interior de las dos placas expulsoras este acoplado

7.2.3 Ensamble parte móvil. En la parte móvil del molde de inyección se encuentran la placa porta machos, la placa sufridera, las columnas guías, se encuentran las dos paralelas, la placa inferior, los tacos de apoyo, los topes de carrera, además de todo el sistema de expulsión que ya se ensambla

Figura 57. Ensamble parte móvil



Fuente: Inventor

- ✓ El primer paso es acoplar las placas del macho y el portamachos, estas dos placas deben ir fijadas por medio de tornillos.
- ✓ Segundo, se colocan los bujes y las columnas guías entre la placa sufridera y las placas macho y portamachos
- ✓ Tercero, debe colocarse el sistema de expulsión entre las dos paralelas que iran guiadas por las mismas columnas y sujetas por tornillos, colocando también los tacos de apoyo de la placa inferior a la sufridera, y colocando también los topes de carrera
- ✓ Cuarto, como el macho también va refrigerado, debe colocarse los racores y extensión de racores en la placa porta machos para poder realizar la refrigeración de estos componentes

7.3 MANUAL DE OPERACIÓN

En este manual de operación se darán unos pasos básicos que debe seguir la persona que operara la máquina y el molde, con el fin de que todo el proceso se realice correctamente, estos pasos son los siguientes;

- ✓ El operario debe verificar que la maquina inyectora este completamente apagada para proceder a montar el molde
- ✓ Colocar el molde en la maquina inyectora, se debe verificar que el anillo centrador este colocado en la posición correcta, es decir, que este esté acoplado correctamente con la boquilla de la maquina inyectora para así poder iniciar todo el proceso
- ✓ Acoplar todo el sistema de refrigeración a los racores de acople rápido del molde, para así refrigerar todo el sistema durante el ciclo
- ✓ Antes de verter el polímero a la tolva de alimentación se debe purgar el cañón de la maquina inyectora para eliminar desperdicios de plástico contaminado que haya quedado de usos anteriores
- ✓ Se debe encender la maquina inyectora y verter todo el polímero en la tolva de alimentación para que esta lo funda y lo inyecte en el molde
- ✓ Programar toda la unidad de control de la maquina inyectora
- ✓ Iniciar el proceso de inyección
- ✓ Cuando se termine la producción diaria el operario debe dejar que la máquina y el molde alcancen una temperatura ambiente para proceder al desmonte de todo
- ✓ Antes de desinstalar el molde de la máquina, debe desconectarse todo el sistema de refrigeración del molde , desconectando las mangueras de alimentación de agua de los racores de acople rápido
- ✓ El operario debe desmontar el molde de la máquina (solo cuando esta requiera mantenimiento, de lo contrario el molde debe dejarse colocado en la inyectora)

8. EVALUACION FINANCIERA

Este estudio se realizó basado en la fabricación de un molde de inyección para la empresa INSOIN SAS, se realizó una comparación entre fabricar el molde por parte de la empresa o enviar el diseño que se realizó en este trabajo de grado a China para que realizaran su fabricación.

Para este estudio se tuvieron en cuenta los precios de los materiales por medio de empresas dedicadas a la fabricación de aceros como Acefer & Cia, costos de mecanizado y del molde importado por medio de la empresa INSOIN SAS.

8.1 VIDA UTIL DEL MOLDE

Los moldes de inyección tienen una vida útil de aproximadamente 1.000.000 de inyecciones o golpes, teniendo este valor se va a calcular la vida útil que tendrá el molde fabricado acá o el molde importado.

Primero se debe calcular la cantidad de inyecciones que se van a conseguir por mes, para eso sabemos que la cantidad de inyecciones diarias son 1080 unidades calculadas ya anteriormente, sabiendo esto y que la empresa utilizara el molde 3 días a la semana se procede a calcular las cantidades de inyecciones al mes;

$$12,75 \text{ días/mes} * 1.080 \text{ inyecciones/días} = 13.770 \text{ inyecciones/mes}$$

Se tendrán un total de 13.770 inyecciones por mes, ahora se calculan las inyecciones por años para poder saber cuántos años va a durar el molde

$$13.770 \text{ Inyecciones/mes} * 12 \text{ mes/año} = 165.240 \text{ inyecciones/año}$$

Se tiene que por año el molde tendrá un total de 165.240 inyecciones , y que la vida útil del molde fabricado acá en Colombia y el molde fabricado en China es de 1.000.000 de inyecciones, teniendo en cuenta estos valores se calcula la vida útil del molde en años;

$$\frac{1.000.000 \text{ Inyecciones}}{165.240 \text{ Inyecciones/año}} = 6 \text{ años}$$

Como se puede evidenciar en el cálculo realizado la vida útil tanto del molde fabricado acá en Colombia como el molde importado de China es de 6 años.

8.2 MOLDE FABRICADO EN CHINA


Los chinos han acaparado los mercados a nivel mundial , debido a que su mano de obra es muy barata los precios que ellos manejan son menores, es por esto que es

posible adquirir bienes a mejores precios en China que en cualquier otro lugar del mundo.

La empresa INSOIN SAS, es una empresa que viene trabajando ya hace aproximadamente 3 años en el sector de los plásticos, siempre han trabajado conjuntamente de la mano de un fabricante de moldes chinos con el que fabrican los moldes para su producción, teniendo en cuenta esto se decidió enviar los planos de diseño de este proyecto de grado para poder tener una cotización de lo que costaría el molde importado de china para poder tener un punto de comparación y poder tomar una decisión de si se fabricara acá en Colombia o si definitivamente es más rentable traerlo desde China.

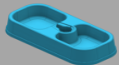
Agradezco a la empresa INSOINS SAS que me facilito la cotización del molde puesto en Colombia como se puede evidencia en la siguiente imagen;

Imagen 58. Cotización molde China


台州市黄岩法奥塑模有限公司
TAIZHOU HUANGYAN FOW MOULD CO., LTD.

No. 20 Jinchuan Road North Industrial Park Huangyan Taizhou Zhejiang 318020 China
 Contact Blanche Huang Tel: +86-576-84288256 Fax: +86-576-84288257 E-mail: blanche@fowmould.com

Quotation

Item	Photo	Part Size (mm)	Weight	Plastic Material	Cavities	Mould Material	Runner Type	Mould Life	1st sample date	Mould Price
Dog dining room		300 x 140 x 55	242g	PP	1	718	hot runner	1 Million shots	55-65 days after mould drawing confirmed	US\$11,500
Total :										US\$11,500

PI No.:
 Date: April 17, 2017

1. Delivery time: we will arrange the 1st sample shot in 50 Days after mold drawing confirm
 2. Payment: The buyer pay for 30% of the mold cost with order, pay for 40% with sample approval, and balance 30% before shipment
 3. The quotation is available for 15 days.

Note: The value include import costs

Fuente: INSOIN SAS

Como se puede ver en la imagen de la cotización se evidencia un valor de 11.500 dólares con costos de transporte incluidos, lo que quiere decir que según la tasa representativa del mercado (TRM) de 2.967,44 COL\$/USD tomada del día Viernes 5 de Mayo del 2017, el molde tendrá un costo en pesos de \$ 34.125.560.

8.3 MOLDE FABRICADO EN COLOMBIA

Para lograr tener un estimado del costo de fabricación del molde se tuvieron en cuenta los costos de materiales, mecanizados, mano de obra. Lo que primero se hizo fue comunicarse con la empresa Acefer & Cia que trabaja hace varios años con

la empresa INSOINS SAS para poder tener un costo de los materiales, como lo son las placas, las paralelas, tornillería, etc.

A continuación pueden evidenciarse alguno de estos costos para los diferentes tipos de aceros que se implementaron para los elementos que componen la totalidad del molde;

- ✓ Placa base Inferior 500X380X50 : \$ 290.000
- ✓ Placa base Superior 500X380X30: \$ 440.000
- ✓ Placa sufridera 280X120X30: \$ 65.000
- ✓ Placa expulsora inferior 400X198X 22: \$ 95.000
- ✓ Placa expulsora superior 400X228X22: \$ 120.000
- ✓ Placa porta cavidades 340X500X60: \$ 500.000
- ✓ Placa porta machos 370X400X45: \$ 350.000
- ✓ Paralelas 400X70X72: \$ 180.000
- ✓ Tornillería: \$ 300.000

Se debe tener en cuenta que se requieren de mecanizados para el molde, las horas de trabajo por parte del operador, la empresa ofrece servicio de torno por un valor de \$60.000 pesos la hora, se requiere un promedio de entre 45-50 horas por placa, sumando estos costos, y gracias a la experiencia por parte de la empresa en el sector metalmecánico se tuvo una cotización de un promedio estimado de lo que costaría fabricar el molde en Colombia, como puede observarse en la siguiente imagen;

Imagen 59 .Cotizacion Molde Colombia

 INSOIN SAS. INGENIERIA SOLUCIONES INDUSTRIALES NIT. 900029820-4		Carrera. 9 No. 4-86 Int. 5 Tel.:(1) 828 0343 Cel. 315 878 3985 - 315 878 3974 Madrid Cundinamarca	
Señor (es): DANIEL FELIPE MARTINEZ Nit. / C.C. FUNDACION UNIVERSIDAD DE AMERICA Dirección:		COTIZACIÓN Nº 46293 05 may 2017 FECHA	
CANT.	DESCRIPCIÓN	VLR. UNIT.	VLR. TOTAL
1	FABRICACION DE MOLDE DE INYECCION PARA LA FABRICACION DE COMEDERO, SEGÚN DISEÑO PRELIMINAR. ESPECIFICACIONES DE ACABADOS, TOLERANCIAS DIMENSIONES Y CANTIDADES, PROPORCIONADAS POR EL CLIENTE. MOLDE DE 1 CAVIDAD	38.650.000	38.650.000
		SUBTOTAL	\$ 38.650.000
SON: CUARENTA Y CINCO MILLONES NOVECIENTOS NOVENTA Y TRES MIL QUINIENTOS PESOS M/CTE		IVA 19%	\$ 7.343.500
			\$ 45.993.500
		TOTAL	
OBSERVACIONES		ACEPTADA (CLIENTE)	

Fuente: INSOINS SAS

Como puede observar en la cotización el costo total del molde tendrá un valor en pesos Colombianos de \$45.993.500 IVA incluido.

8.4 COSTO TOTAL DEL PROYECTO

Para poder tener un valor total del proyecto en Colombia deben agregarse otros costos del proyecto como horas trabajadas por parte del proyectista, hora de apoyos por parte de los asesores de la Universidad de América, horas trabajadas por parte

del ingeniero de la empresa, usos de equipos, usos de software de diseño, impresiones, plotter, etc.

Al comienzo del proyecto se había realizado un presupuesto teniendo en cuenta todos los ítems anteriormente, a continuación se puede observar el presupuesto aproximado que se había estimado para el proyecto;

Imagen 60 .Presupuesto

ITEMS	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	TOTAL	FUENTE FINANCIERA
TALENTO HUMANO					
Proyectista	HH	1160	\$ 7.000	\$ 8.120.000	Proyectista
Orientador	HH	40	\$ 15.000	\$ 600.000	Universidad America
Asesor	HH	100	\$ 6.250	\$ 625.000	Insoin SAS
TOTAL TALENTO HUMANO				\$ 9.345.000	
GASTOS MAQUINARIA Y EQUIPOS					
Uso de licencia Solid Edge	H	75	\$ 4.566	\$ 342.450	Universidad America
Uso de licencia NX9	H	75	\$ 4.566	\$ 342.450	Universidad America
Portatil	UNI	1	\$ 2.500.000	\$ 2.500.000	Proyectista
Memoria USB	UNI	1	\$ 20.000	\$ 20.000	Proyectista
TOTAL GASTOS MAQUINARIA Y EQUIPOS				\$ 3.204.900	
FUNGIBLES					
Papel	UNI	3	\$ 9.900	\$ 29.700	Proyectista
Tinta	UNI	5	\$ 28.000	\$ 140.000	Proyectista
Plotter	UNI	15	\$ 3.000	\$ 45.000	Proyectista
TOTAL FUNGIBLES				\$ 214.700	
TOTAL ANTES DE IMPREVISTOS			\$	12.764.600	
Imprevisto 5%			\$	638.230,00	
COSTO TOTAL DEL PROYECTO			\$	13.402.830	

Se obtuvo un costo tal del proyecto de \$13.402.830 de pesos, esto debe sumársele al costo que se obtuvo de la fabricación del molde para poder tener así un costo total de proyecto entonces;

- ✓ Costo total del proyecto en China: \$ 34.125.560 + \$ 13.402.830 = \$47.528.390
- ✓ Costo total del proyecto en Colombia: \$45.993.500+ \$13.402.830= \$59.396.330

Este proyecto financieramente no es viable para la empresa ya que la empresa se está ahorrando aproximadamente \$13.000.000 millones de pesos trayendo el molde importado, aunque esto no quiere decir que técnicamente no lo sea, ya que el diseño, los materiales, y demás parámetros estipulados por la empresa se cumplieron satisfactoriamente.

9. CONCLUSIONES

- ✓ Se pudo verificar y comprobar por medio del software MoldFlow que todos los cálculos y parámetros que se tuvieron en cuenta a la hora de realizar el diseño del molde garantizan un óptimo funcionamiento de este
- ✓ Se puede concluir que el circuito de enfriamiento seleccionado a la hora de fabricar un molde de inyección tiene una importancia directa con respecto al tiempo de ciclo del proceso y financieramente hablando ya que un circuito eficiente facilita el mantenimiento del molde y su fabricación
- ✓ Se comprobó que el proyecto financieramente no es viable ya que se realizaron estudios que demostraron que el proyecto es más económico llevarlo a la realidad en China y no en nuestro país
- ✓ Se concluye que la única manera para mitigar las líneas de soldadura en la pieza final es la utilización de canales de desgasificación ya que los demás parámetros a tener en cuenta vienen condicionados a la máquina inyectora y la boquilla de inyección

10. RECOMENDACIONES

- ✓ Se recomienda realizar un mantenimiento preventivo general del molde cada 20.000 inyecciones con el propósito de mantener la vida útil de todos sus componentes y del molde en general
- ✓ Se le recomienda a la empresa siempre utilizar agua como líquido refrigerante para garantizar una óptima refrigeración de la cavidad y del macho
- ✓ Se recomienda realizar un mantenimiento de los canales de desgasificación y los canales de enfriamiento cada 5000 ciclos evitando así obstrucciones que puedan ocasionar daños en estos componentes

BIBLIOGRAFÍA

BODINI, Gianni y CACCHI PESSANI, Franco. Moldes y máquinas de inyección para la transformación de plásticos. Milán.: Negri Bossi, Segunda edición, 1992.

FUNDACION UNIVERSIDAD DE AMERICA. Guía metodológica para la elaboración de trabajos de grado y proyectos de investigación en pregrado. Revisado Enero 2011.

HANS GASTROW. Moldes de Inyección para Plásticos: 100 Casos Prácticos. Barcelona (2001) [Consultado el 4 de octubre del 2016].

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Documentación. Presentación de tesis, trabajos de grado y otros trabajos de investigación. NTC 1486. Sexta actualización. Bogotá; El instituto, 2008.

_____. Referencias bibliográficas para normas 2 Ed Bogotá: ICONTEC 1996 6p (NTC1307)

_____. Referencias documentales para fuentes de información electrónica. Bogotá: ICONTEC 1998. (NTC4490)

_____. Numeración de divisiones y subdivisiones en documentos escritos. Bogotá: ICONTEC 1994 4p (NTC1075)

MENGES, George. MICHAELI, Walter y MOHREN, Paul. How to make injection molds. Germany: Hanser. Segunda edición. 1993.

MENGES, George. MOHREN, G. Moldes para inyección de plásticos. México: Calypso. 1999.

MORENO PORTILLO, José. Moldes para inyección de plásticos. Bogotá. Universidad Nacional de Colombia. 1997.

MOTT, Robert. Diseño de elementos de maquinas. Cuarta Edición. México.: Pearson. 2006.

PLACET ME GUSTA. INSOIN SAS. {en línea}. {10 de enero de 2017}. Disponible en: <http://www.insoin.com.co/placet/nosotros>

SÁNCHEZ, Saúl. YÁÑEZ, Isaura. Y RODRÍGUEZ, Olivero. Moldeo por inyección de termoplásticos. México: Limusa, 2005.

UNIVERSIDAD DE OVIEDO. Escuela de minas. Desarrollo [En línea] Disponible en:

<http://www6.uniovi.es/usr/fblanco/Leccion11.MOLDEO.POR.INYECCION.pdf>

ANEXOS

ANEXO A

PROPIEDADES ACERO 1020

ACERO ASI-SAE 1020 (UNS G10200)

1. Descripción: acero de mayor fortaleza que el 1018 y menos fácil de conformar. Responde bien al trabajo en frío y al tratamiento térmico de cementación. La soldabilidad es adecuada. Por su alta tenacidad y baja resistencia mecánica es adecuado para elementos de maquinaria.

2. Normas involucradas: ASTM A108

3. Propiedades mecánicas: Dureza 111 HB
Esfuerzo de fluencia 205 MPa (29700 PSI)
Esfuerzo máximo 380 MPa (55100 PSI)
Elongación 25%
Reducción de área 50%
Módulo de elasticidad 205 GPa (29700 KSI)
Maquinabilidad 72% (AISI 1212 = 100%)

4. Propiedades físicas: Densidad 7.87 g/cm³ (0.284 lb/in³)

5. Propiedades químicas: 0.18 – 0.23 % C
0.30 – 0.60 % Mn
0.04 % P máx
0.05 % S máx

6. Usos: se utiliza mucho en la condición de cementado donde la resistencia al desgaste y el tener un núcleo tenaz es importante. Se puede utilizar completamente endurecido mientras se trate de secciones muy delgadas. Se puede utilizar para ejes de secciones grandes y que no estén muy esforzados. Otros usos incluyen engranes ligeramente esforzados con endurecimiento superficial, pines endurecidos superficialmente, piñones, cadenas, tornillos, componentes de maquinaria, prensas y levas.

7. Tratamientos térmicos: se puede cementar para aumentarle la resistencia al desgaste y su dureza mientras que el núcleo se mantiene tenaz. Se puede recocer a 870 °C y su dureza puede alcanzar los 111 HB, mientras que con normalizado alcanza los 131 HB.

NOTA:

Los valores expresados en las propiedades mecánicas y físicas corresponden a los valores promedio que se espera cumple el material. Tales valores son para orientar a aquella persona que debe diseñar o construir algún componente o estructura pero en ningún momento se deben considerar como valores estrictamente exactos para su uso en el diseño.

Fuente. Acero grado maquinaria. {en línea}. Disponible en:
(<http://www.sumiteccr.com/Aplicaciones/Articulos/pdfs/AISI%201020.pdf>)

ANEXO B

PROPIEDADES SAE 4140

ACERO AISI-SAE 4140 (UNS G41400)

1. Descripción: es un acero medio carbono aleado con cromo y molibdeno de alta templabilidad y buena resistencia a la fatiga, abrasión e impacto. Este acero puede ser nitrurado para darle mayor resistencia a la abrasión. Es susceptible al endurecimiento por tratamiento térmico

2. Normas involucradas: ASTM 322

3. Propiedades mecánicas: Dureza 275 - 320 HB (29 - 34 HRc)
Esfuerzo a la fluencia: 690 MPa (100 KSI)
Esfuerzo máximo: 900 - 1050 MPa (130 - 152 KSI)
Elongación mínima 12%
Reducción de área mínima 50%

4. Propiedades físicas: Densidad 7.85 g/cm³ (0.284 lb/in³)

5. Propiedades químicas: 0.38 - 0.43% C
0.75 - 1.00 % Mn
0.80 - 1.10 % Cr
0.15 - 0.25 % Mo
0.15 - 0.35 % Si
0.04 % P máx
0.05 % S máx

6. Usos: se usa para piñones pequeños, tijeras, tornillo de alta resistencia, espárragos, guías, seguidores de leva, ejes reductores, cinceles.

7. Tratamientos térmicos: se austeniza a temperatura entre 830 - 850 °C y se da temple en aceite. El revenido se da por dos horas a 200°C para obtener dureza de 57 HRc y si se da a 315°C la dureza será de 50 HRc. Para recocido se calienta entre 680 - 720°C con dos horas de mantenimiento, luego se enfría a 15°C por hora hasta 600°C y se termina enfriando al aire tranquilo. Para el alivio de tensiones se calienta entre 450 - 650°C y se mantiene entre ½ y 2 horas. Se enfría en el horno hasta 450°C y luego se deja enfriar al aire tranquilo.

NOTA:

Los valores expresados en las propiedades mecánicas y físicas corresponden a los valores promedio que se espera cumple el material. Tales valores son para orientar a aquella persona que debe diseñar o construir algún componente o estructura pero en ningún momento se deben considerar como valores estrictamente exactos para su uso en el diseño.

Fuente. Acero grado maquinaria. {en línea}. Disponible en:
(<http://www.sumiteccr.com/Aplicaciones/Articulos/pdfs/AISI%204140.pdf>)

ANEXO C
COTIZACION MOLDE CHINO

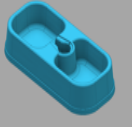


No. 20 Jinchuan Road North Industrial Park Huangyan Taizhou Zhejiang 318020 China

Contact Blanche Huang Tel: +86-576-84288256 Fax: +86-576-84288257 E-mail: blanche@fowmould.com

Quotation

PI No.:
Date: April 17, 2017

Item	Photo	Part Size (mm)	Weight	Plastic Material	Cavities	Mould Material	Runner Type	Mould Life	1st sample date	Mould Price
Dog diving (000)		300 x 140 x 55	242g	PP	1	718	hot runner	1 Million shots	55-65 days after mould drawing confirmed	US\$11,500
Total :										US\$11,500

1. Delivery time: we will arrange the 1st sample shot in 50 Days after mold drawing confirm

2. Payment: The buyer pay for 30% of the mold cost with order, pay for 40% with sample approval, and balance 30% before shipment

3. The quotation is available for 15 days.

Note: The value include import costs

Fuente: INSOIN SAS

ANEXO D

COTIZACION MOLDE FABRICADO EN COLOMBIA



INSOIN SAS.
INGENIERIA SOLUCIONES INDUSTRIALES
NIT. 900029820-4

Carrera. 9 No. 4-86 Int. 5
Tel.: (1) 828 0343
Cel. 315 878 3985 - 315 878 3974
Madrid Cundinamarca

Señor (es): **DANIEL FELIPE MARTINEZ**

Nit. / C.C. **FUNDACION UNIVERSIDAD DE AMERICA**
0

Dirección:

COTIZACIÓN

Nº 46293

FECHA

05 may 2017

INA MES AÑO

CANT.	DESCRIPCIÓN	VLR. UNIT.	VLR. TOTAL
1	FABRICACION DE MOLDE DE INYECCION PARA LA FABRICACION DE COMEDERO, SEGÚN DISEÑO PRELIMINAR. ESPECIFICACIONES DE ACABADOS, TOLERANCIAS DIMENSIONES Y CANTIDADES, PROPORCIONADAS POR EL CLIENTE. MOLDE DE 1 CAVIDAD	38.650.000	38.650.000
SUBTOTAL		\$	38.650.000
IVA 19%		\$	7.343.500
TOTAL		\$	45.993.500

SON: CUARENTA Y CINCO MILLONES NOVECIENTOS NOVENTA Y TRES MIL
QUINIENTOS PESOS M/CTE

OBSERVACIONES

ACEPTADA (CLIENTE)

ANEXO E

PROPIEDADES POLIPROPILENO

FICHA TÉCNICA LAMINA POLIPROPILENO



Producto	LÁMINA DE POLIPROPILENO
Aplicaciones	Extrusión, Inyección, Termo-formado e Impresión (digital, serigrafía, litografía, etc.), empaques para alimentos, artículos ortopédicos, componentes automotrices por sus excelentes propiedades mecánicas.
Características	El PP es una poliolefina termoplástica parcialmente cristalina. Tiene gran resistencia contra diversos solventes químicos, así como contra álcalis y ácidos .
Material *	Al polipropileno se le conoce con las siglas PP. Es un plástico muy duro y resistente, es opaco y con gran resistencia al calor pues se ablanda a una temperatura más elevada de los 150 °C. Es muy resistente a los golpes aunque tiene poca densidad y se puede doblar muy fácilmente, resistiendo múltiples doblados, también resiste muy bien los productos corrosivos.
Dimensiones y calibre	De acuerdo a los requerimientos del cliente Tolerancia +/-3% entre los siguientes rangos; Calibre: Mínimo C18 (0.450mm) – Máximo C320 (8mm). Dimensiones: Mínimo 20Cm – Máximo 120Cm.
Color	De acuerdo a los requerimientos de Cliente. (Base Pantone).
Acabado	Grabado Granizo, Cuero, Sand- blasting, Liso.
Acabado Superficial	Brillante
Tratamientos	De acuerdo a los requerimientos del cliente.

*Propiedades del material

PROPIEDADES MECANICAS









	PP HOMOPOLIMERO	PP COPOLIMERO	COMENTARIOS
Módulo elástico en tracción (GPa)	1,1 a 1,6	0,7 a 1,4	
Alargamiento de rotura en tracción %	100 a 600	450 a 900	Junto al polietileno, una de las más altas de todos los termoplásticos
Carga de rotura en tracción (MPa)	31 a 42	28 a 38	
Módulo de flexión (GPa)	1,19 a 1,75	0,42 a 1,40	
Resistencia al impacto Charpy (kJ/m ²)	4 a 20	9 a 40	El PP Copolímero posee la mayor resistencia al impacto de todos los termoplásticos.
Dureza Shore D	72 a 74	67 a 73	Más duro que el polietileno pero menos que el poliestireno o el PET

Presenta muy buena resistencia a la fatiga, por ello la mayoría de las piezas que incluyen bisagras utilizan este material

ANEXO F

CATALOGO DE TORNILLOS

860058	TLLO BRISTOL C CABEZA UNC 1/4 X 6	1 	Solicitar información
860059	TLLO BRISTOL C CABEZA UNC 5/16 X 3/8	1 	Solicitar información
860060	TLLO BRISTOL C CABEZA UNC 5/16 X 1/2	1 	Solicitar información
860061	TLLO BRISTOL C CABEZA UNC 5/16 X 5/8	1 	Solicitar información
860062	TLLO BRISTOL C CABEZA UNC 5/16 X 3/4	1 	Solicitar información
860063	TLLO BRISTOL C CABEZA UNC 5/16 X 1	1 	Solicitar información
860064	TLLO BRISTOL C CABEZA UNC 5/16 X 1 1/4	1 	Solicitar información
860065	TLLO BRISTOL C CABEZA UNC 5/16 X 1 1/2	1 	Solicitar información
860040	TLLO BRISTOL C CABEZA UNC 3/16 X 7/8	1 	Solicitar información
860041	TLLO BRISTOL C CABEZA UNC 6/32 X 2	1 	Solicitar información
860042	TLLO BRISTOL C CABEZA UNC 1/4 X 3/8	1 	Solicitar información
860043	TLLO BRISTOL C CABEZA UNC 1/4 X 1/2	1 	Solicitar información
860044	TLLO BRISTOL C CABEZA UNC 1/4 X 5/8	1 	Solicitar información
860045	TLLO BRISTOL C CABEZA UNC 1/4 X 3/4	1 	Solicitar información

860082	TLLO BRISTOL C CABEZA UNC 3/8 X 1	1 	Solicitar Información
860083	TLLO BRISTOL C CABEZA UNC 3/8 X 1 1/4	1 	Solicitar Información
860084	TLLO BRISTOL C CABEZA UNC 3/8 X 1 1/2	1 	Solicitar Información
860086	TLLO BRISTOL C CABEZA UNC 3/8 X 2	1 	Solicitar Información
860088	TLLO BRISTOL C CABEZA UNC 3/8 X 2 1/2	1 	Solicitar Información
860089	TLLO BRISTOL C CABEZA UNC 3/8 X 3	1 	Solicitar Información
860090	TLLO BRISTOL C CABEZA UNC 3/8 X 3 1/2	1 	Solicitar Información
860091	TLLO BRISTOL C CABEZA UNC 3/8 X 4	1 	Solicitar Información


Fuente. Mundial de Tornillos. Catálogo de productos. {en línea}.
 Disponible en: (<http://www.mundialdetornillos.com/Tornillos-Bristol>)

ANEXO G
ACEROS PARA MOLDES

Programa de Productos

Acero para moldes <i>IMPAX® SUPREME</i> (1.2738)	Acero pretemplado al Ni-Cr-Mo que se suministra a 290–330 Brinell, cuenta con excelentes propiedades de pulido y fotograbado. Adecuado para una amplia gama de moldes de inyección, soplado y extrusión.
<i>CALMAX GRANE</i>	Acero de temple al Cr-Mo-V que cuenta con buena combinación de tenacidad y resistencia al desgaste. Recomendado en moldes para largas series de fabricación y para moldeo de plásticos reforzados.
<i>STAVAX® ESR</i> (1.2083)	Acero inoxidable de temple para moldes con buena resistencia a la corrosión y muy buena pulibilidad.
<i>POLMAX™</i> (1.2083)	Acero inoxidable de temple para moldes con buena resistencia a la corrosión y pulibilidad extremadamente buena.
<i>CORRAX</i>	Acero de temple por precipitación que cuenta con una excepcional resistencia a la corrosión, fácil tratamiento térmico y buena capacidad de soldadura.
<i>ORVAR® SUPREME</i> (1.2344)	Acero de temple muy versátil al 5% de Cr para moldes y trabajo en caliente, con buena resistencia al desgaste y buena pulibilidad.
<i>RIGOR®</i> (1.2363)	Acero de temple recomendado para largas series de producción de piezas pequeñas con diseño complicado.
<i>ELMAX™</i> <i>VANADIS 4</i> <i>VANADIS 6</i> <i>VANADIS 10</i>	Aceros para moldes fabricados pulvimetalúrgicamente que se caracterizan por su buena estabilidad dimensional, buena pulibilidad y resistencia al desgaste. ELMAX es resistente a la corrosión, VANADIS 4 cuenta con la más alta tenacidad y VANADIS 10 tiene la mejor resistencia al desgaste. Recomendados para complicadas y/o plásticos abrasivos.
Acero para porta-moldes y placas <i>HOLDAX®</i> (1.2312)	Acero pretemplado con muy buena mecanibilidad y alta resistencia a la tensión.
<i>RAMAX® S</i> (1.2085)	Acero pretemplado inoxidable para placas soporte con excelente mecanibilidad, alta resistencia a la tensión y buena resistencia a la corrosión.
Aluminio <i>ALUMEC</i>	Aleación de aluminio de alta resistencia suministrada a 160 HB. Recomendada para prototipos y series cortas de fabricación con bajos requisitos en resistencia y resistencia al desgaste.
Aleación de Cobre <i>MOLDMAX® HH</i> <i>MOLDMAX® XL</i>	Aleación de cobre de alta resistencia para moldes con alta conductividad térmica. Para aplicaciones como noyos, insertos, boquillas de inyección y piezas para sistemas de cámaras calientes.
Aleación de Cobre Berilio <i>PROTHERM®</i>	Aleación de cobre berilio de alta conductividad para moldes. Para aplicaciones donde se requiera muy

ANEXO H
PLANOS

 Fundación Universidad de América	FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA	Código:
	PROCESO: GESTIÓN DE BIBLIOTECA	Versión 0
	Autorización para Publicación en el Repositorio Digital Institucional – Lumieres	Julio - 2016


AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL LUMIERES




Yo **Daniel Felipe Martínez Escobar** (en calidad de titular de la obra) **DISEÑO DE UN MOLDE DE INYECCION DE PLASTICO-POLIPROPILENO PARA LA FABRICACION DE UN COMEDERO PARA PERROS**, elaborada en el año **2016**, autorizo al **Sistema de Bibliotecas de la Fundación Universidad América** para que incluya una copia, indexe y divulgue en el Repositorio Digital Institucional – Lumieres, la obra mencionada con el fin de facilitar los procesos de visibilidad e impacto de la misma, conforme a los derechos patrimoniales que me corresponde y que incluyen: la reproducción, comunicación pública, distribución al público, transformación, en conformidad con la normatividad vigente sobre derechos de autor y derechos conexos (Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, entre otras).

Al respecto como Autor manifiesto conocer que:

- La autorización es de carácter no exclusiva y limitada, esto implica que la licencia tiene una vigencia, que no es perpetua y que el autor puede publicar o difundir su obra en cualquier otro medio, así como llevar a cabo cualquier tipo de acción sobre el documento.
- La autorización tendrá una vigencia de cinco años a partir del momento de la inclusión de la obra en el repositorio, prorrogable indefinidamente por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales del autor y podrá darse por terminada una vez el autor lo manifieste por escrito a la institución, con la salvedad de que la obra es difundida globalmente y cosechada por diferentes buscadores y/o repositorios en Internet, lo que no garantiza que la obra pueda ser retirada de manera inmediata de otros sistemas de información en los que se haya indexado, diferentes al Repositorio Digital Institucional – Lumieres de la Fundación Universidad América.
- La autorización de publicación comprende el formato original de la obra y todos los demás que se requiera, para su publicación en el repositorio. Igualmente, la autorización permite a la institución el cambio de soporte de la obra con fines de preservación (impreso, electrónico, digital, Internet, intranet, o cualquier otro formato conocido o por conocer).
- La autorización es gratuita y se renuncia a recibir cualquier remuneración por los usos de la obra, de acuerdo con la licencia establecida en esta autorización.
- Al firmar esta autorización, se manifiesta que la obra es original y no existe en ella ninguna violación a los derechos de autor de terceros. En caso de que el trabajo haya sido financiado por terceros, el o los autores asumen la responsabilidad del cumplimiento de los acuerdos establecidos sobre los derechos patrimoniales de la obra.
- Frente a cualquier reclamación por terceros, el o los autores serán los responsables. En ningún caso la responsabilidad será asumida por la Fundación Universidad de América.
- Con la autorización, la Universidad puede difundir la obra en índices, buscadores y otros sistemas de información que favorezcan su visibilidad.

Conforme a las condiciones anteriormente expuestas, como autor establezco las siguientes condiciones de uso de mi obra de acuerdo con la **licencia Creative Commons** que se señala a continuación:

 Fundación Universidad de América	FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA	Código:
	PROCESO: GESTIÓN DE BIBLIOTECA	Versión 0
	Autorización para Publicación en el Repositorio Digital Institucional – Lumieres	Julio - 2016

	Atribución- no comercial- sin derivar: permite distribuir, sin fines comerciales, sin obras derivadas, con reconocimiento del autor.	<input checked="" type="checkbox"/>
	Atribución – no comercial: permite distribuir, crear obras derivadas, sin fines comerciales con reconocimiento del autor.	<input type="checkbox"/>
	Atribución – no comercial – compartir igual: permite distribuir, modificar, crear obras derivadas, sin fines económicos, siempre y cuando las obras derivadas estén licenciadas de la misma forma.	<input type="checkbox"/>

Licencias completas: http://co.creativecommons.org/?page_id=13

Siempre y cuando se haga alusión de alguna parte o nota del trabajo, se debe tener en cuenta la correspondiente citación bibliográfica para darle crédito al trabajo y a su autor.

De igual forma como autor autorizo la consulta de los medios físicos del presente trabajo de grado así:

AUTORIZO	SI	NO
La consulta física (sólo en las instalaciones de la Biblioteca) del CD-ROM y/o Impreso	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
La reproducción por cualquier formato conocido o por conocer para efectos de preservación	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Información Confidencial: este Trabajo de Grado contiene información privilegiada, estratégica o secreta o se ha pedido su confidencialidad por parte del tercero, sobre quien se desarrolló la investigación. En caso afirmativo expresamente indicaré (indicaremos), en carta adjunta, tal situación con el fin de que se respete la restricción de acceso.	SI	NO
	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Para constancia se firma el presente documento en **Bogotá DC**, a los **15** días del mes de **Agosto** del año **2017**.

EL AUTOR:

Nombres	Apellidos
Daniel Felipe	Martínez Escobar
Documento de identificación No	Firma
CC. 1014246551	